

145

145

81

**SSAB**

**Secondary  
Recovery  
after LINS**

## Avdrivning av resorberad olja från skifferkoks.

### A. Rengasförsöket.

Avsikten med försöket var att undersöka huruvida man genom spolning med okondenserbar destillationsgas genom redan avdriven skifferkoks möjligen skulle kunna utvinna någon ytterligare olja. Därvid åsyftades utvinning av den olja, som förmodligen finns adsorberad på koksen. I princip skulle processen alltså likna avblåsningen av adsorberade vätskeångor, t.ex. gasbensin, från aktivt kol med hjälp av vattenånga.

#### Tillvägagångssätt:

En med c:a 9 kg skiffer fylld behållare upphettades till  $360^{\circ}$ , tills ingen olja och gas längre bildades. Därefter inleddes vid en temperatur av  $350^{\circ}$  svavelvätefri skiffergas (rengas), som fick passera genom hela koksmassan och därefter genom en kondenseringsanordning, en tvättflaska med NaOH för borttagande av  $H_2S$ , en tvättflaska med  $H_2SO_4$  för borttagande av ev.  $NH_3$  samt en gasmätare. Gasprov uttogs samtidigt före koksbehållaren på den ingående gasen och efter kylaren på den utgående gasen. Totalt genomblåst gasvolym c:a 3000 liter. Strömningshastighet: c:a 5 l/min. 600 min

Resultatet av försöket framgår av bifogade avläsnings- och analysprotokoll. Som synes har gasen ej haft någon som helst desorberande inverkan på koksen. Inget kondensat har erhållits och gasens sammansättning var praktiskt taget oförändrad efter passagen genom koksen. I tvättflaskorna hade absorberats ytterligt obetydliga mängder  $NH_3$  och  $H_2S$ .

### B. Vätgasförsöket.

Avsikten med detta försök var att undersöka om ren vätgas har större desorberande verkan på olja, som adsorberats av skifferkoksen, än rengasen visat sig ha (se ovan).

Utförandet av försöket var fullständigt analogt med föregående

försök. Samma skifferkoks som förut användes och temperaturen hölls även här vid  $350^{\circ}$  (med den noggrannhet apparaturen till-  
lät). Total genomblåst vätemängd: c:a 800 liter. Strömnings-  
hastighet c:a 5 l/min. 160

Den ingående vätgasen var c:a 99,7 - 99,8%-ig.

Resultaten framgår av bifogade protokoll (bil. 2) och diagram (bil. 3). Som härav framgår hade vätgasen lika litet någon desorberande inverkan som rengasen. Visserligen erhöles mot slutet av försöket 5 - 6% sura gaser, övervägande svavelväte, men detta torde dock ha berott på den temperaturstegring om c:a  $16^{\circ}$ , som genom ett missöde inträffade. Sambandet med temperaturstegringen framgår tydligt av diagrammet (bil. 3). Den utvecklade svavelvätemängden var f.ö. högst obetydlig (totalt c:a 6,5 gram  $H_2S$ ). I tvättflaskan med  $H_2SO_4$  erhöles 0,06 gram  $NH_3$ .

#### Sammanfattning.

Försöken att utdriva den olja, som ev. adsorberats å skifferkoksen samtidigt som pyrolysisprocessen pågår eller omedelbart efter processens slut, med okondenserbar skiffergas eller med ren vätgas, ha givit negativa resultat. Samma erfarenheter ha gjorts vid försök i stor skala å försöksfältet, Norrtoorp I, varvid som desorptionsmedel använts dels okondenserbar skiffergas (rågas), dels överhettad vattenånga (Se Reg.nr Lj 165 och 262).

Det torde därmed kunna anses fastslaget att skifferkoksen vid de temperaturer det här är fråga om ( $290-350^{\circ}$ ) ej innehåller någon adsorberad olja. Detta är för övrigt ej heller att vänta om man jämför koksen med andra ytaktiva ämnen, t.ex. aktivt kol, som ju ha praktiskt taget ingen adsorptionsförmåga vid så höga temperaturer.

Norrtoorp, mars 1945.

SVENSKA SKIFFERKOKS A.B.  
LJUNGSTRÖMSANLÄGGNINGEN

*C. S. Selomaysson*

"Ren gas försöket"

Avläsningsprotokoll.

Dag	Kl.	Spänning	Temp		Kondensat		Gasur	Gasanalys $C_nH_{n+2}$							A N M.	Sig
			$t_1$	$t_2$	Vatten	Olja		$H_2, CO_2$ %	O %	CO %	$C_nH_n$ %	H %	$C_nH_{n+2}$	N <sub>2</sub> %		
20.3	Försöket															
	0630	37	359	-	-	40799										ÅR
	0800	36	358	-	-	40810										KA
	0900	36	357	-	-	40818										KA
	1000	36	356	-	-	40824										KA
	1100	36	355	-	-	40830	(2.7 (5.0	0.0 0.0	0.0 0.2	2.5 2.6	17.6 27.6	-	)Före )Efter	KA		
	1200	36	354	-	-	40846										KA
	1300	36	353	-	-	40856										KA
	1400	36	353	-	-	40867	(4.0 (4.2	0.1 0.1	0.2 0.4	2.7 2.3	26.0 28.0	-	)Före )Efter	KA		
	1500	35	352	-	-	40874										ÅS
	1600	35	351	-	-	40886										ÅS
	1700	35	350	-	-	40915										ÅS
21.3	1800	35	348	-	-	41042	(4.0 (4.3	0.2 0.2	0.1 0.0	3.1 2.6	24.0 29.7	-	)Före )Efter	ÅS		
	1900	35	347	-	-	41142										ÅS
	2000	35	345	-	-	41227										ÅS
	2100	35	344	-	-	41252										ÅS
	2200	35	342	-	-	41275	(4.2 (4.6	0.0 0.2	0.4 0.4	2.6 2.6	27.9 28.3	40.7 40.8	)Före )Efter	ÅS		
	2300	35	341	-	-	41324										ÅS
	0000	36	341	-	-	41384										ÅR
	0100	36	340	-	-	41435										ÅR
	0200	36	340	-	-	41488	(2.4 (3.2	0.1 0.2	0.1 0.0	2.6 2.6	27.9 27.6	44.1 42.9	)Före )Efter	ÅR		
	0300	36	340	-	-	41533										ÅR
	0400	36	341	-	-	41581										ÅR
	0500	36	341	-	-	41641										ÅR
0600	36	341	-	-	41706	4.0 4.6	0.0 0.2	0.0 0.1	2.8 3.2	25.6 31.8	33.1 23.4	)Före )Efter	KA			
0700	36	342	-	-	41763										KA	
0800	36	343	-	-	41811										KA	
0900	36	343	-	-	41877										KA	
1000	36	343	-	-	41927										KA	



Dag Kl.	S m	Temp	Kondensat		Gasur	Gasanalys CnH <sub>n</sub> + 2							A N M.	Sign
						H <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> %	O %	CO %	CnH <sub>n</sub> %	CnH <sub>n+2</sub> %	N <sub>2</sub> %			
			t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>										
			Vatten	Olja										
21.3	1100	36	343	350	-	41990	3.7	0.2	0.2	2.8	26.1	33.5	Före	Ka
	1200	36	342	350	-	42050	4.7	0.1	0.1	2.7	16.6	40.8	Efter	Ka
	1300	36	342	350	-	42118								Ka
	1400	36	342	350	-	42182	3.8	0.0	0.1	2.7	19.7	38.1	Före	As
	1500	36	343	351	-	42247	4.6	0.1	0.1	2.8	25.8	29.6	Efter	As
	1600	36	343	351	-	42330								As
	1700	36	344	352	-	42380								As
	1800	36	344	353	-	42439								As
	1900	36	345	354	-	42497								As
22.3	2000	36	346	355	-	42569								As
	2100	36	346	355	-	42613								As
	2200	36	348	356	-	42669								As
	2300	36	348	356	-	42734								As
	0000	36	348	356	-	42801								As
	0100	36	349	357	-	42865								As
	0200	36	349	357	-	42906								As
	0300	36	349	357	-	42968								As
	0400	36	349	357	-	43017								As
	0500	36	350	358	-	43051								As
	0600	36	350	358	-	43095								As
	0700	36	350	358	-	43114								As
	0800	36	350	359	-	43219								As
	0900	36	350	359	-	43301								As
1000	36	350	359	-	43387								As	
1000	Försöket avbrutet.													

V ä t g a s f ö r s ö k e t.

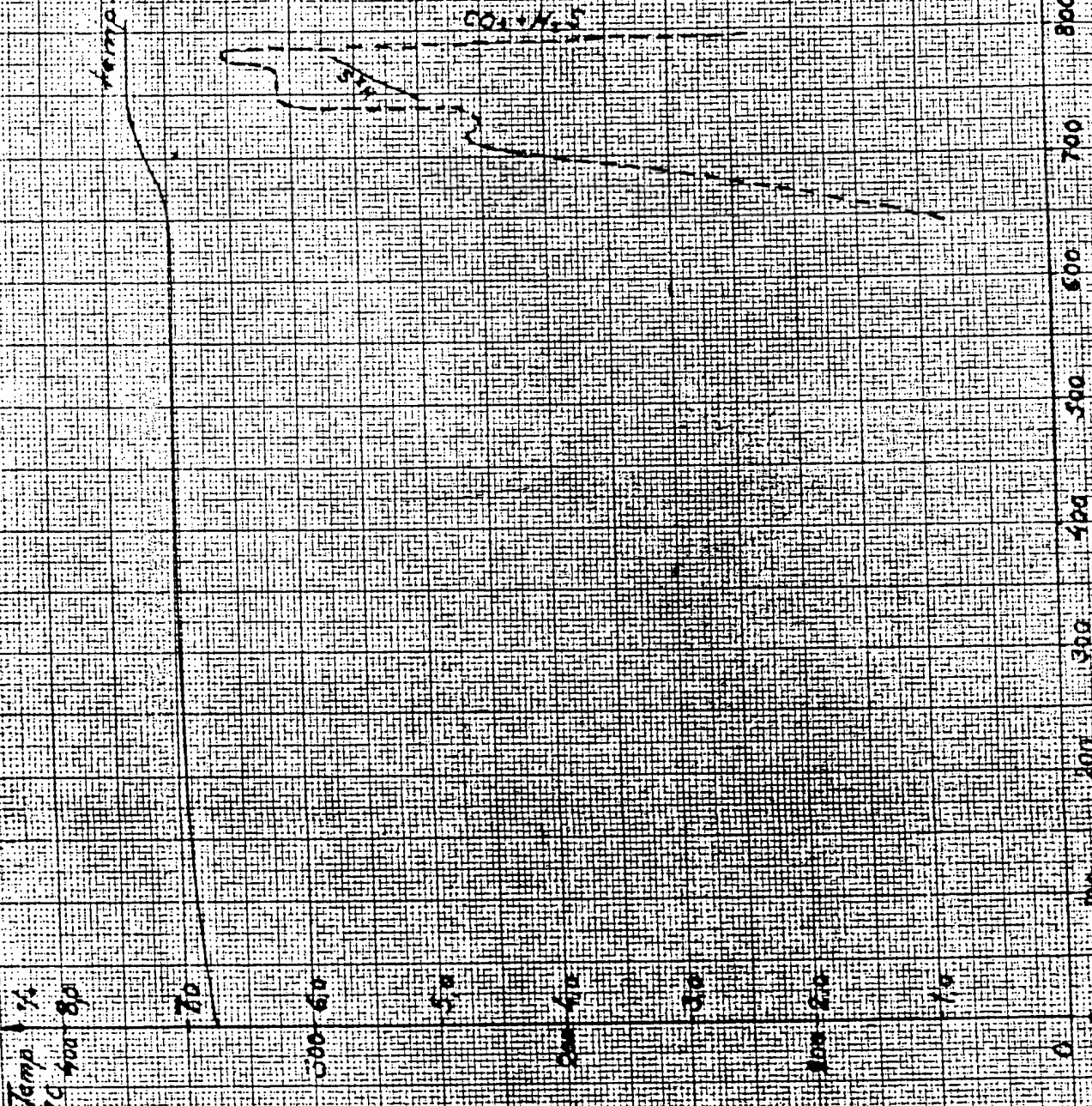
Dag	Kl.	Temp.		Kondensat		Gasur	G a s a n a l y s						Anm,
		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	Vatten	Olja		CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> S %	O <sub>2</sub> %	CO %	CnH <sub>2</sub> N %	H <sub>2</sub> %	CnH <sub>2</sub> n+2 %	
23/3	Inbl. av väte började kl. 11.55												
	12.00	335	345	—	—	40004							
	13.00	339	348	—	—	40302							
	14.00	341	350	—	—	40648	0.8	0.0	0.0	0.0	99.2	0.0	—
	15.00	342	350	—	—	40664							
	16.00	343	352	—	—	40677	2.2	0.62	0.0	0.5	96.7	0.0	—
	17.00	346	355	—	—	40690	3.8	0.0	0.0	0.0	96.2	0.0	—
	18.00	349	358	—	—	40701							
	19.00	350	359	—	—	40708	4.6	0.1	0.1	0.3	94.9	0.0	—
	20.00	352	361	—	—	40718							
	21.00	355	363	—	—	40727							
	22.00	356	364	—	—	40734	4.5	0.2	0.0	0.4	93.7	0.0	—
	23.00	358	366	—	—	40745							kl. 23.30 H <sub>2</sub> S=5.1%
24/3	00.00	359	367	—	—	40750	6.1	0.0	0.6.2	0.5	93.3	0.0	—
	01.00	359	366	—	—	40759							
	02.00	359	366	—	—	40766	6.1	0.0	0.0	0.4	93.5	0.0	—
	03.00	359	366	—	—	40773							kl. 04.00 H <sub>2</sub> S=5.7%
	04.00	359	366	—	—	40783	6.6	0.0	0.0	0.8	92.6	0.0	—
	05.00	359	366	—	—	40789							
	06.00	359	367	—	—	40796	2.4	0.0	0.0	0.4	97.2	0.0	—
	06.30	359	367	—	—	40799							Vätgasinblåsn. avslutad

- - - - -

Reg 4/20-  
bilaga 3.

70876

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----



Temp	80
74	

五子

Nedanstående undersökning avser att visa hur oljeutbytet påverkas vid avbruten pyrolys. Härvid användes finkrossad skiffer (2-5 mm), representerande den fattiga och den rika skiffern i Närke. Pyrolysförsöken utfördes i en Fischerretort. Först pyrolyserades de båda skiffrarna enl. Fischer, vilket innebär att skiffern pyrolyseras under upphettning till 500° på 60 minuter, alltså med en hastighet av 8° per minut, varefter temperaturen 500° hålles i ytterligare 30 minuter. Den totala gas-, olje- och vattenmängden bestämes. Därefter utfördes 2 olika pyrolysförsök, som avvek från Fischer på följande sätt:

I. Då 400° erhållits, hölls denna temperatur i 15 minuter, varefter pyrolysen fortsattes till 500° enl. Fischer.

II. Samma som I men förlängd pyrolys vid 450° i stället för 400°:

Resultaten som är angivna ~~för~~ skiffer framgår av bil. 1.

Dessutom bestämdes vid pyrolys enl. Fischer av den fattiga skiffern de erhållna olja- och gasmängderna vid 400° och 450°. Härvid erhöles 0,4 resp. 2,1 % olja, motsvarande 8 resp. 40 % av totala oljeutbytet vid fullständig Fischerpyrolys samt 5 resp. 6 Nl gas per kg skiffer.

Av de utförda pyrolyserna framgår, att oljeutbytet minskas då pyrolysförloppet enl. Fischer störes på så sätt att temperaturen under 15 minuter hålles konstant vid 400° och 450°.

Att en minskning av oljemängden erhålles, då upphettningen fördröjes, beror på att den del av det organiska materialet, som normalt avger olja, förstöres mer eller mindre genom förkokning samt att den erhållna oljan delvis krackas på grund av oljans längre uppehållstid i den varma skiffern. Vid en så snabb pyrolys som enl. Fischer erhålles då mer gas. Vid en mycket långsam pyrolys blir oljeutbytet avsevärt mindre på grund av att förkokningen av det organiska materialet och krackningen av oljan blir ännu mer markerad, vilket har till följd att särskilt kokmängden ökar. Vid en långsam pyrolys är det därför särskilt viktigt att pyrolysförloppet ej störes i form av en förlängd pyrolystid vid en temperatur, då oljepyrolysen har kommit i gång.

Ovanstående är helt i överensstämmelse med vad som allmänt gäller för pyrolys av skiffer, nämligen ju långsammare upphettningen till fullständig pyrolys sker ju

- 1) lägre blir pyrolystemperaturen
- 2) mindre mängd olja per viktsenhet skiffer erhålles
- 3) lägre specifik vikt får oljan
- 4) högre halt bensin innehåller oljan
- 5) lägre halt mättade kolväten innehåller oljan.

högre

Närkes Kvarntorp den 10/3 1953

Gengt Persson

## Pyrolys av fattig skiffer enl.

## Pyrolys av rik skiffer enl.

Fischer

I

II

Fischer

I

II

lja, vikts-%	5,4	4,6	4,7	6,2	6,1	6,0
vatten "	2,8	3,2	3,1	1,3	1,2	1,3
koks "	87,6	88,1	88,1	88,4	87,5	87,6
gas Nl/kg	35	36	42	40	41	40

lja, vikts-%	5,2	5,1	4,9	6,2	5,8	
vatten, "	1,7	3,2	2,9	1,3	1,1	
koks "	89,1	87,5	88,0	87,8	88,0	
gas, Nl/kg	35	38	39	39	41	

## medelvärden

lja, vikts-%	5,3	4,9	4,8	6,2	6,0	
vatten "	2,3	3,2	3,0	1,3	1,2	
koks "	88,4	87,8	88,0	88,1	87,8	
gas, Nl/kg.	35	37	41	40	41	

För att fullständiga de undersökningar, som tidigare utförts angående möjligheten att avdriva ev. adsorberad olja från skifferkoksen genom spolning med olika gaser (se Reg. Lj 165 och Reg. Lj 265), utfördes även ett försök att åstadkomma nämnda avdrivning med vattenånga.

Utförande:

Ånginjektionen skedde på samma ställe som den förut beskrivna rågasinjektionen (se Reg. Lj 165). Dock öppnades endast 3 nedblåsningshål. Ångans tryck i tillförselledningen var 5 atö. För mätning av ångmängden fanns i huvudledningen en strypfläns med två manometrar, för vilken anordning bifogade kalibreringskurva uppritades.

Under hela tiden injektionen pågick, gjordes avläsningar av gasvolymen i gasledningen från Norrtorp, samt gasens tryck.

Försöksprotokoll:

- 10/4 kl. 14<sup>30</sup> Ånginblåsningen påbörjad. Manometrarna före och efter strypflänsen visade 1.2 resp. 0.2 atö, vilket motsvarar 460 kg/tim. ånga. Mottrycket i berget var under hela försöket 0.15 - 0.20 atö.
- 15/4 Antalet hål, genom vilka ånga nedblåsades, ändrades från 3 till 2. Ångmängden ökades samtidigt till c:a 600 kg/tim.
- 21/4 Ur gasnålet i sexhörningens centrum uttogs ett gasprov, som fick passera en kylslinga, i vilken den nedkyldes till c:a +17°C. Såväl kondensatet som

den okondenserbara gasen uppmättes och analyserades. Resultat:

Olja: volym = 60 ml. spec.vikt = 0,889

Vatten: volym = 1140 ml.  $\text{NH}_3$ -halt = 1,5 /lit.

Gas: volym = 270 liter.

Analys:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S} = 22,2\%$ ,  $\text{O}_2 = 1,8\%$ ,  
 $\text{CO} = 0,4\%$ ,  $\text{C}_n\text{H}_{2n} = 1,2\%$ ,  $\text{H}_2 = 14,9\%$ ,  
 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2} = 26,8\%$ ,  $\text{N}_2 = 32,7\%$ .

Som synes utgjordes gasen av rågas av ung. normal sammansättning, utspädd med luft (förmodligen härstammande från tidigare utförda luftinblåsningförsök i närheten).

24/4 kl. 13<sup>00</sup>

Ånginblåsningen avbröts. Den totala inblåsta ångmängden utgjorde c:a 200 ton, d.v.s. i genomsnitt 14 ton/dygn eller c:a 600 kg/tim.

#### Diskussion av resultaten:

Som framgår av bifogade diagram över vattenproduktionen från Norrtoorp I samt tabeller över gas- och övrig produktion under april månad, har ånginblåsningen praktiskt taget endast medfört en ökad vattenproduktion. Ökningen som var c:a 2 å 3 dygn "färförskjuten" i förhållande till inblåsningen, motsvarade dock ej hela den inblåsta ångmängden, utan endast c:a 1/3 av densamma. Övrig ånga har tydligen kondenserats i andra partier av skiffern.

Ej heller med vattenånga synes det alltså vara möjligt att avdriva någon olja eller gas från skifferkokaen. Detta styrker ytterligare den tidigare dragna



slutsatsen, att ingen adsorberad olja eller gas är förhanden i skifferkoksen.

Norrtorp, maj 1945.

*Gösta Salomonson*

Bilagor:

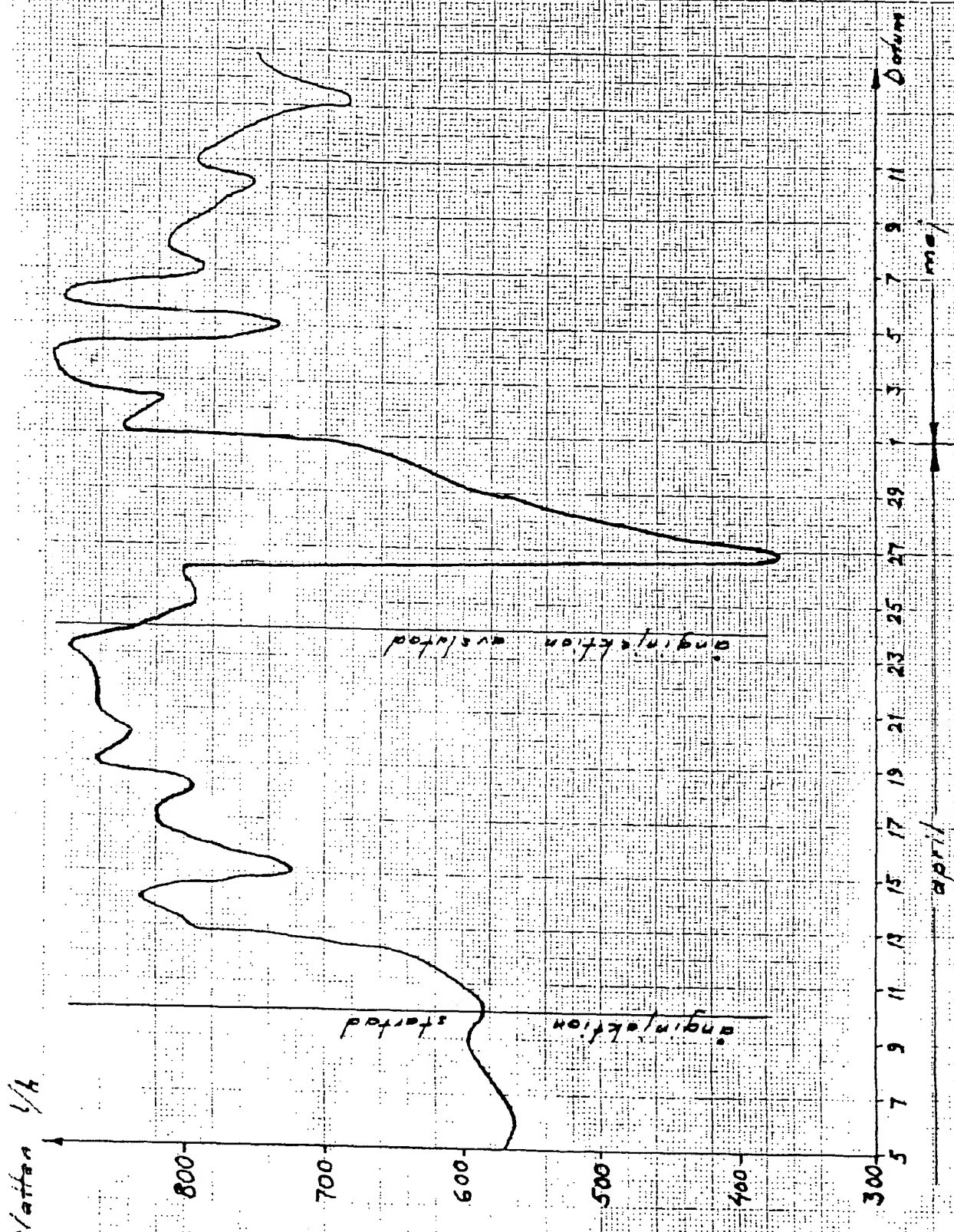
- 1 diagram över vattenproduktionen (Lj 7-135)
- 1 kalibreringskurva (Lj 7-136)
- 1 tabell över gastryck och gasvolymer
- 1 tabell över totalprod. N-p l.



under ånginblåsningförsöket.

Rap. Lj- 262

Diarienum 10806



Hvart.

12

11

194

5

5

Kontr.

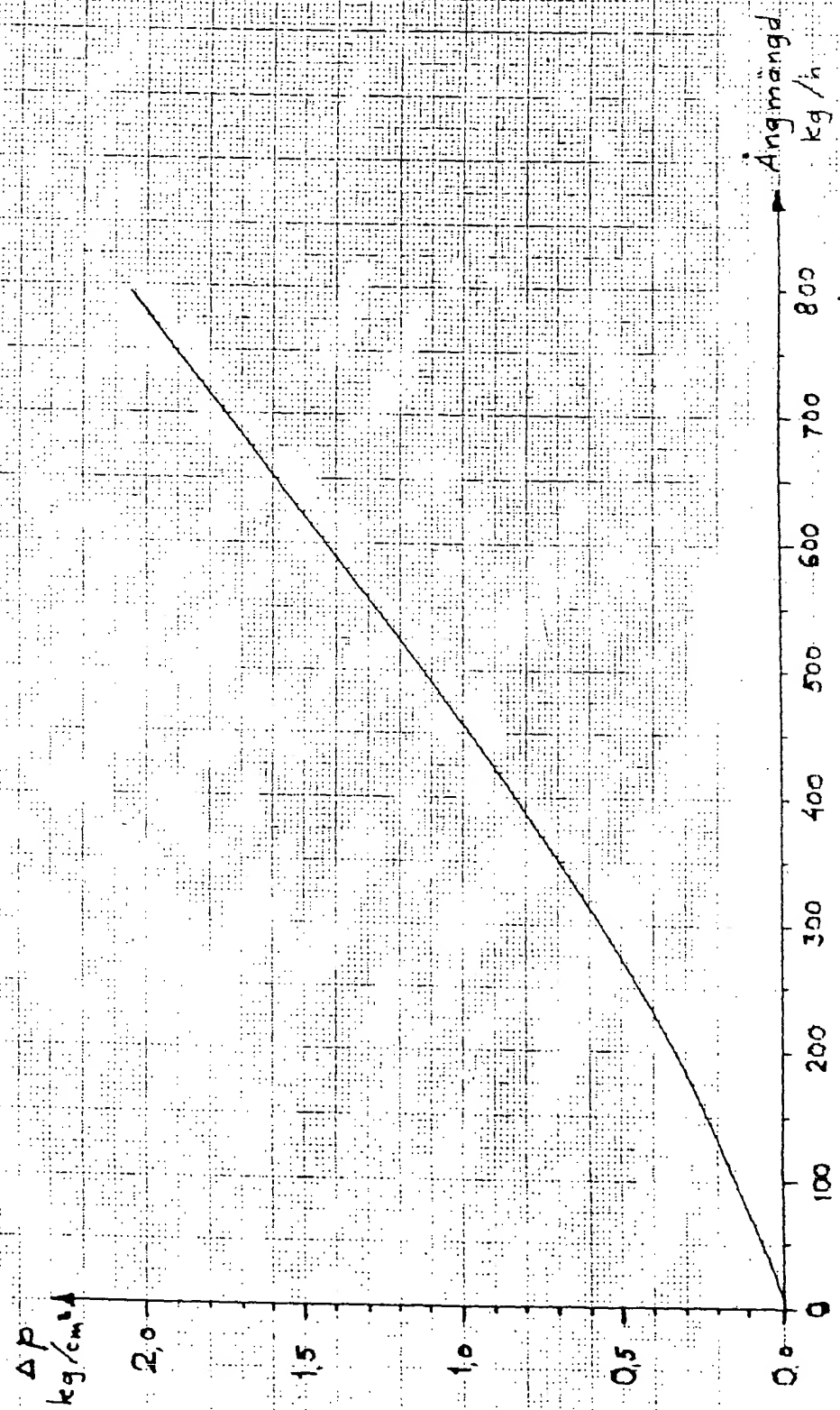
194

Rap. nr. Lj-

för stryptlans för ånga a 14-p +

Diarienum 10827

Kurvan gäller för ånga, som  
i högtrycksledningen är mättad  
och har trycket 5 atö.



Buab. 15

184

Kont.

184

Reg. nr. Lj

Dag	kl.	P <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	Dag	kl.	P <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>
9/4	12.00	56	463	12/4	18.30	65	510
	13.00	55	450		19.30	64	506
	14.00	58	467		20.30	61	501
	15.00	59	460		21.30	62	494
	16.00	59	452		22.30	61	489
	20.00	60	470		23.30	68	487
10/4	00.00	67	467		00.30	67	496
	04.00	63	473		01.30	64	501
	07.00	58	471		02.30	63	494
	08.00	57	473		03.30	65	493
	09.00	58	464		04.30	61	505
	10.00	58	469		05.30	61	493
	11.00	59	480		06.30	62	494
	12.00	60	483		07.30	63	496
	13.00	60	486		08.30	65	503
	14.00	62	490		09.30	66	501
	15.00	64	510		10.30	63	500
	15.30	63	509		11.30	66	500
	16.00	63	510		12.30	62	494
	16.30	63	509		13.30	62	496
	17.30	62	513		14.30	63	498
	18.30	62	513		15.30	62	494
	19.30	61	496		16.30	62	495
11/4	20.30	62	492		17.30	62	495
	21.30	64	501		18.30	61	488
	22.30	65	501		19.30	64	486
	23.30	67	498		20.30	62	491
	00.30	67	502		21.30	62	492
	01.30	68	503		22.30	63	500
	02.30	69	505		23.30	62	486
	03.30	70	506	13/4	00.30	62	504
	04.30	69	506		01.30	60	485
	05.30	66	503		02.30	61	494
	06.30	65	498		03.30	62	499
	07.30	63	495		04.30	60	488
	08.30	62	496		05.30	63	486
	09.30	62	502		06.30	62	495
	10.30	63	504		07.30	61	502
	11.30	62	506		08.30	61	496
	12.30	59	510		09.30	63	485
	13.30	60	499		10.30	63	490
	14.30	64	503		11.30	62	496
	15.30	58	510		12.30	64	488
	16.30	59	510		13.30	63	500
	17.30	61	488		14.30	64	499

forts.

Dag	kl.	P <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>
13/4	15.30	62	494
	16.30	61	488
	17.30	61	488
	18.30	61	487
	19.30	60	474
	20.30	62	511
	21.30	63	503
	22.30	62	499
	23.30	61	497
	00.30	61	494
	01.30	62	498
	02.30	61	484
	03.30	60	490
	04.30	62	495
	05.30	62	497
	06.30	61	492
	07.30	66	485
	08.30	64	492
	09.30	65	492

## Norrtorp I

Dag	Olja l/h	Vatten l/h	NH <sub>3</sub> kg/h	Gas Nm <sup>3</sup> /h	Gasanalys				Anm.
					H <sub>2</sub> S+CO <sub>2</sub>	CnH <sub>2n</sub>	H <sub>2</sub>	CnH <sub>2n+2</sub>	
1/4	378	660	-	485	-	-	-	-	
2/4	419	650	-	485	-	-	-	-	
3/4	357	600	5,34	473	28,6	1,0	22,6	46,8	
4/4	460	600	4,68	468	-	-	-	-	
5/4	384	570	4,67	463	28,0	1,5	20,2	49,6	
6/4	273	560	4,36	467	-	-	-	-	
7/4	467	570	4,50	446	-	-	-	-	
8/4	364	580	-	438	-	-	-	-	
9/4	438	600	4,68	438	27,7	1,5	20,6	49,6	
10/4	431	580	4,30	443	28,4	1,4	20,5	49,0	x)
11/4	350	600	4,25	463	28,2	1,6	23,2	46,2	
12/4	350	645	4,10	485	28,1	1,4	20,1	49,9	
13/4	434	795	5,30	452	28,4	1,5	20,3	49,0	
14/4	376	830	5,15	444	28,2	1,4	17,6	52,8	
15/4	367	720	-	438	-	-	-	-	
16/4	257	770	4,70	438	27,4	1,6	18,8	51,8	
17/4	448	815	4,72	420	28,2	1,4	19,4	51,0	
18/4	382	790	3,95	405	27,5	1,2	19,7	48,1	
19/4	391	860	5,05	406	28,0	1,6	19,5	50,1	
20/4	349	835	4,58	404	27,6	1,2	19,9	51,3	
21/4	271	860	4,55	407	27,2	1,8	20,4	49,0	
22/4	389	860	-	398	-	-	-	-	
23/4	384	880	4,70	405	28,2	1,3	20,6	49,4	
24/4	380	830	5,00	407	28,0	1,6	19,5	50,1	xx)
25/4	418	790	4,58	412	-	-	-	-	
26/4	247	800	4,75	403	28,8	1,7	19,8	49,8	
27/4	410	370	2,46	410	-	-	-	-	
28/4	207	500	3,25	469	-	-	-	-	
29/4	175	585	-	431	-	-	-	-	
30/4	385	630	-	329	-	-	-	-	

x) Inblåsn. börjad

xx) Inblåsn. slut



## Luftinblåsningsförsök i Ljungströmsfältet.

Försöken baserade sig på dr. Ljungströms tanke att det skulle vara möjligt att med rengas pressa undan grundvattnet ur skifferns porer framför förvärmningsfronten och därigenom slippa den nuvarande grundvattenspumpningen. Ett tidigare prov i försöksfältet i Östersäter (beskrivet i Tekn.Tidskr. 1951, p. 37) ansågs ha visat att skiffern uppspaltades horisontellt vid inblåsningsrörets nedre ända av inblåst tryckluft, varigenom luften kunde spridas över stor yta.

### Sammanfattning av nu gjorda försök.

Försök med inblåsning av luft dels i ett särskilt borrarprovfält, dels strax bakom borrarfronten i KL 4 visade, att berget var alltför fullt av sprickor för att man med rimliga gasmängder och gasförluster effektivt skulle kunna trycka undan vattnet genom bildande av en luftkudde. Denna blev vid försöken så platt, att endast mindre förändring (högst 2,5 m) av vattennivån kunde åstadkommas i kalkstenens nedre del. Förlusterna från luftkudden var uppenbarligen stora. Undantryckningen i mer kompakta bergdelar visade sig å andra sidan för långsam för att metoden skulle kunna användas framför borrarfronten. Någon uppspaltning eller förändring av berget genom luftinblåsningen kunde inte förmärkas.

### Försökens utförande.

För gjorda försöken resonerades sålunda: Vid Östersätersförsöket antas en luftsula på  $\sim 30$  diameter skapats kring det 6 m djupa inblåsningsröret. Analogt tänkes nu att ur det kring 29 m djupa hål bildas en luftsula med 120 m diameter. Dennas yta är  $\sim 11000 \text{ m}^2$ , och bergvolymen över den är  $300.000 \text{ m}^3$ . Vid en fukthalt av 2 vikts % ( $\sim 4$  vol-%) i halva bergvolymen behövs således  $\sim 6000 \text{ Nm}^3$  gas bara för att ersätta vattnet. Detta ger en uppfattning om den minsta behövliga gasmängden (motsvarar vid nuvarande fältstorlek ett behov på endast några  $\text{m}^3/\text{h}$ ). Bergvikt på 29-30 m djup är  $\sim 7 \text{ kg/cm}^2$ .

Betr. gasens spridning och undantryckning av vatten kan det antagas antingen att luftsulan bildas (eller att det redan finns horisontella kanaler i berget, så att luften kan nå stora ytor från en punkt), eller att berget är och förblir kompakt. I senare fallet blir vattnets undanströmning en mycket långsam diffusionsprocess och gasen måste pressas in på många punkter över fältets bredd. En förutsättning i båda fallen är att berget måste vara så tätt uppåt, framåt och åt sidorna att gasförlusterna bli rimliga.

Lufts, metans eller vätes löslighet i vatten är  $15\text{-}30 \text{ Nl/m}^3$  vatten vid tänkbara betingelser och är således utan praktisk betydelse.

### Försöksanordning.

För ett provfält hade borrats dels ett 29,5 m djupt inblåsningshål och några decimeter vid sidan av detta ett lika djupt mätthål, dels koncentriskt kring dessa tre serier hål på 20, 30 resp. 40 m avstånd (se fig. 1); i varje serie fanns tre hål, 16,0, 22,75 resp. 29,0 m djupa. Avståndet till borrhöften var  $\sim 120$  m. I varje hål hade satts nedtill öppna och perforerade rör, vilka ytterpackats på vanligt sätt ovan perforeringen. Varje mätrör var försett med manometer. I ett hål  $\sim 20$  m från inblåsningshålet hade i ett lika djupt hål satts en stång, som belastad med en tyngd vilade mot berget i rörets nedre ända och som genom en packbox stäck upp ur röret. Vid provfältet var jordlagrets mäktighet  $\sim 2$  m, kalkstenens  $\sim 15$  m och oljeskifferns  $\sim 12$  m.

För luftinblåsningen användes en kompressor, som kunde ge  $7 \text{ Nm}^3/\text{min.}$  vid 8 atö. Luftmängden mättes med strypfläns. Vattendjupet i hålen mättes med pejl-ningsapparat (tyngd med genomgående kanal, ansluten till graderad slang, som i sin tur är ansluten till U-rörsmanometer; denna ger utslag då tyngden vid nedsänkningen träffar vattenytan).

### Försöksresultat.

Vattennivån stod före inblåsningen omkr. 15,5 m under markytan (i kalkstenens nedre del) utom i 16 m-hålen där den stod  $\sim 4,5$  m djupt.

Vid försökens början kunde konstateras att endast mycket små luftmängder kunde pressas in i inblåsningshålet vid ett lufttryck på 8 atö (med befintliga anordningar ej mätbara mängder,  $< 0,1 \text{ Nm}^3/\text{min.}$ ). Samma var förhållandet i de övriga 29 m-hålen och två av 22,75 m-hålen, och mängden inpressad luft ökade ej märkbart med tiden. Vattnet i 22,75 m-hålens rör kunde dock helt pressas ut. I det tredje 22,75 m-hålet (20 meter från centrala inblåsningshålet) kunde däremot större luftkvantiteter fås in. Ett par orienterande försök med inblåsning i detta hål av högst 7 h varaktighet resulterade i viss sänkning ( $\sim 1$  m) av vattenståndet i inblåsningshålet och viss höjning (1-1,5 m) i de närmast belägna hålen, medan hålen längre bort visade små eller inga förändringar (två av 16-m hålen visade nu och senare ibland stora oregelbundna förändringar). Mellan försöken (en natt) återställdes i stort sett den ursprungliga vattennivån. Efter dessa försök utfördes ett långvarigare försök (29 h), då nära  $180 \text{ Nm}^3/\text{h}$  oföränderligt kunde blåsas in (ingen reglering för att få just denna mängd). Trycket före inblåsningröret var  $\sim 3,5$  atö. I omgivande hål kunde inte något tryck eller någon utströmmande gas märkas. Sedan slangen efter försöket lossats från inblåsningröret, kom ur detta en del gas och vatten, men utströmningen upphörde efter kort stund. Vattenståndshöjningen befanns vara 1-2,5 m, störst i de närmaste hålen (se fig. 1.). I KL 4:s främre del gjordes också

noterades. Om de ha något samband med inblåsningen är ovisst. Grundvattenpumpning pågick på nära håll.

Senare gjordes ett än långvarigare försök (53 h) med inblåsning i samma 22,75 m-hål. Trycket före inblåsningsröret var denna gång  $\sim 6,7$  atö och luftmängden  $\geq 35 \text{ Nm}^3/\text{h}$  (ej säkert känd på grund av mätarfel). Resultaten blev 1.75 m höjning av vattennivån (16 m-hålen oenhetliga). Sänkningen i inblåsningshålet kunde ej mätas säkert med detsamma efter försöket; någon större sänkning var det inte fråga om. En tid efter försöket mättes vattennivån ingen och var då utjämnat på  $\sim 14$  m djup.

Ovan nämnda försök visade att viss undanträngning av vattnet skett kring inblåsningshålet troligen genom att en luftkudde bildats i kalkstenens nedre delar. Gasförlusterna genom sprickor i berget var stora. Med den bortgående luften kan en hel del vatten ha följt med. Några tecken på uppsplätning av berget förmärktes inte. Vart luften tog vägen i de fall då endast små luftmängder kunde inpressas, undandrar sig bedömande. En ev. långsam utbredning av en luftkudde i skiffrens nedre delar kunde ej studeras i provfältet på grund av de stora hålavstånden ( $> 20$  m). Därför beslöts att göra nya försök bakom borrhfronten (rad 20) i KL 4, där hålavstånden är 2,2 m.

Tre gashål i rad 18 (nr 74, 80 och 86) förseddes på vanligt sätt med gasrör ned till skiffrens övre del och dessa med anslutningar för slangen till kompressorn. Övriga hål hade endast beklädnadsrör; från rad 14 hade ele-mentrör satts men ej ytterpackats. Vid ett orienterande försök blåstes luft i alla tre gashålen samtidigt (uppskattningsvis  $> 500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ), och det kunde då konstateras att luft genast strömmade upp ur många hål, ur några dessutom vatten. Vattenståndspejling före och efter inblåsningen visade  $\sim 2$  m sänkning av nivån (från knappt 15 m djup) i och i närheten av inblåsningshålen och  $\sim 1$  m på 15-20 m avstånd från dessa.

Vattenuppföring å la mammutpump är emellertid inget att sträva efter på grund av de alltför stora gasmängder, som skulle behövas. Vid nästa försöks början pluggades därför de hål igen, ur vilka mycket gas eller vatten strömmade upp. Läckage kring utsidan av några beklädnadsrör och i den rørsatta men ej ytterpackade delen av fältet (rad 14 och några rader bakåt) kunde dock ej förhindras. Gasuppströmning märktes här och var i fältet men den kunde också bero på förvärmningen, som påbörjades där. Under pluggningen iaktogs att sedan vattenuppströmningen hindrats på ett ställe började den snart på ett nytt. Gas strömmande inte ur alla hål. Det förekom att hålet närmast ett av inblåsningshålen var gasfritt. Berget var tydligen fullt av sprickor och oregelbundna förbindelser omväxlande med mer kompakta partier. Vid försöket inblåstes drygt  $450 \text{ Nm}^3/\text{h}$  luft i 7,5 h (alla omgivande hål med gasströmning ej igenpluggade), och resultatet blev  $\sim 2,5$  m sänkning av vattenståndet vid inblåsningsställena och  $\sim 1$  m på 20 m avstånd (fig. 2). Sedan alla hål igenpluggats fortsattes inblåsningen nästa dag under 8 h enbart i gashålet 18/74, då med en has-



pejlingen visade att nivån stigit 0,6-1 m. Detta kan åtminstone delvis bero på utjämnningen av vattennivån under natten men tydligt är att förlusterna från luftkudden nu spelar större roll och förhindrar effektiv undantryckning av vattnet.

Försöket upprepades vid inblåsning i gashålet 18/86 några dagar senare. Vattennivån hade under mellantiden utjämnats på djupet 14,5-15 m. Efter en dags inblåsning (7,5 h à  $270 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ) pejlades en mindre sänkning (drygt  $\frac{1}{2}$  m) av vattennivån nära inblåsningssället, medan längre bort ~3 m höjning uppmättes (inverkan av annat?). Efter stillestånd på 18 h över natten, då nivån åter utjämnats fortsattes inblåsningen under 22 h. Efter denna företagen pejling visade att vattennivån i inblåsningshålet sjunkit 3,5 m, i hål nära detta ~2,5 m och längre bort uppmättes 1,7 och 0,7 m sänkning. Efter pejlingen fortsattes inblåsningen genast under 8 h. Ny pejling visade 0,1-1,9 m höjning av vattennivån, och efter ytterligare 22 h inblåsning noterades åter en sänkning på genomsnittligt några decimeter. Efter ännu 8 h inblåsning noterades åter en höjning av vattennivån. Resultaterande förändringar efter 54 h inblåsning var  $\frac{1}{2}$ -1 m sänkning av vattennivån. I medeltal hade nära  $290 \text{ Nm}^3/\text{h}$  inblåsts vid ett tryck före inblåsningröret på 6,7 atö. Flödesvariationerna var små och utan särskild tendens, varför några förändringar av berget inte tycks ha åstadkommit. Trycket i berget under försöket mättes med manometrar monterade på de två andra gasrören. 18/80 G visade 0,01-0,05 atö och 18/74 G 0,2-0,3 atö.

Av dessa försök framgå att en mindre undantryckning av vattnet skett genom att en luftkudde utbildades i kalkstensens nedre delar. Effektivare undantryckning skulle fordra än större gasmängder. Gasförlusterna var emellertid vid försöken så stora att tillämpning av förfaringssättet i större skala synes utesluten. De stora gasförlusterna torde bero på rikligt förekommande sprickor i berget.

Den företagna mätningen av vattennivån är ej helt säker. Ett vid mätningen kvarstående tryck i luftkudden kan göra att vattnet i hålen står högre än mellan hålen, och således vattennivåsänkningen varit större än som ovan antytts. Att döma av de uppmätta trycken i berget kan det ej vara fråga om någon större skillnad. Det måste förutsättas att nivåsänkningen åtminstone delvis beror på att vatten följer med den bortgående luften.

Frågan om hur luften sprider sig i ett kompakt skifferstycke vid inblåsning t.ex. ett stycke framför borrhjulen besvarades sålunda inte av försöken. För att undersöka detta gjordes ytterligare försök med inblåsning i provfältets centrala hål och studium av förändringarna i det 0,36 m (centrallängd) avlägsna mätområdet och i två nyborrade hål på 1,4 m resp. 3,45 m avstånd.

De nya hålen hade på samma sätt som förut försetts med nedtill öppna rör i vars övre ändar manometrar påsatts.

För det fall en luftkudde med högt tryck utbildas runt inblåsningrörets

nedre ända och den när mätrören borde tryck i dessa ha kunnat märkas och de bör tömmas på vatten. Skulle en luftkudde utbildas i bergets övre delar borde likaledes tryck ha kunnat märkas i mätrören eller, om manometeranslutningen ej var helt tät, vattennivån i rören stiga.

Vid försöken kunde konstateras att inblåsningsröret tömdes på vatten på kort tid men att de gasmängder som kunde inpressas var mycket små, vid de första försöken högst  $3 \text{ Nm}^3/\text{h}$ , senare upp mot  $10 \text{ Nm}^3/\text{h}$ .

Vattennivån stod vid försökens början  $\sim 19 \text{ mm}$  under markytan. Efter ett första försök på 6 h uppmättes 1 à 2 dm sänkning av vattennivån. Ett andra försök på 45 h medförde  $\sim 1 \text{ dm}$  sänkning i närmaste mätröret men ingen förändring i de övriga. Vid ett än långvarigare försök, sammanlagt 192 h, steg vattennivån till en början (4 dm) i närmaste mätthålet men sjönk sedan och var vid försökets försökets slut 4 dm lägre än utgångsnivån. I mellersta mätthålet sjönk vattennivån oregelbundet till 5 dm lägre nivå och i bottensta mätthålet sjönk nivån först ett par dm men steg sedan oregelbundet för att stanna på en nivå 3 dm högre än utgångsnivån. Knappt ett dygn efter inblåsningens upphörande låg nivån i alla hålen vid 20,4 m djup d.v.s.  $\sim 3 \text{ dm}$  lägre än före försöket och 1 vecka efteråt vid knappt 20 m djup. Inte i något av mätthålen kunde något tryck förmärkas eller någon luftutströmning iakttagas.

Någon luft från inblåsningsröret synes sålunda inte ha nått ens det närmaste mätthålet. Luften måste därför ha försvunnit genom någon spricka eller sökt sig uppåt efter röret och ev. bildat en luftkudde högre upp och vid strömningen från denna tagit med sig en del vatten. Liksom vid förra försöket kan verkliga vattennivån mellan hålen ha sänkts mer än vad pejlingarna i hålen visa. Utjämnningen efter försöken tyder dock inte härpå.

Förändringarna av vattennivån kan också ha påverkats av allmänt pågående förändringar, vilket mätningar i hål 20 m fr. inblåsningshålet och förändringar mellan försöken tyder på.

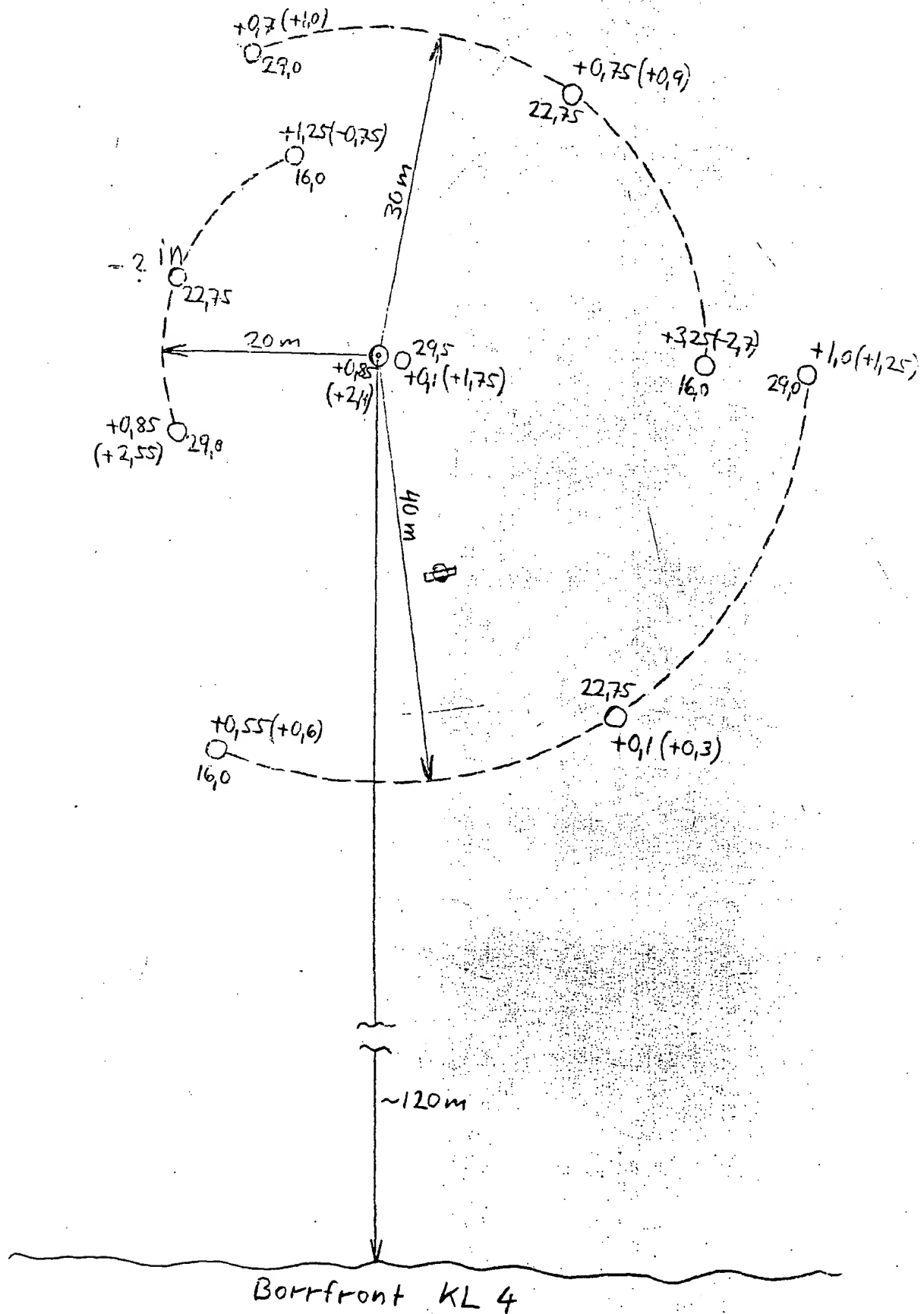
Av försöken måste den slutsatsen dragas att vattnets undantryckning i icke sprucken skiffer är en mycket långsam process (d.v.s. porerna i skiffen är mycket smala),  $> 23 \text{ dagar/meter}$ . Den är alltför långsam för att praktiskt kunna användas.

Närkes Kvarntorp 1. oktober 1955

Åke Brandberg

(+ = höjning, - = sänkning) Siffrorna inom parentes ange total förändring sedan försökens början.

PROVFAKTEL  
(Håldjup angivna vid varje hål)



KL 4

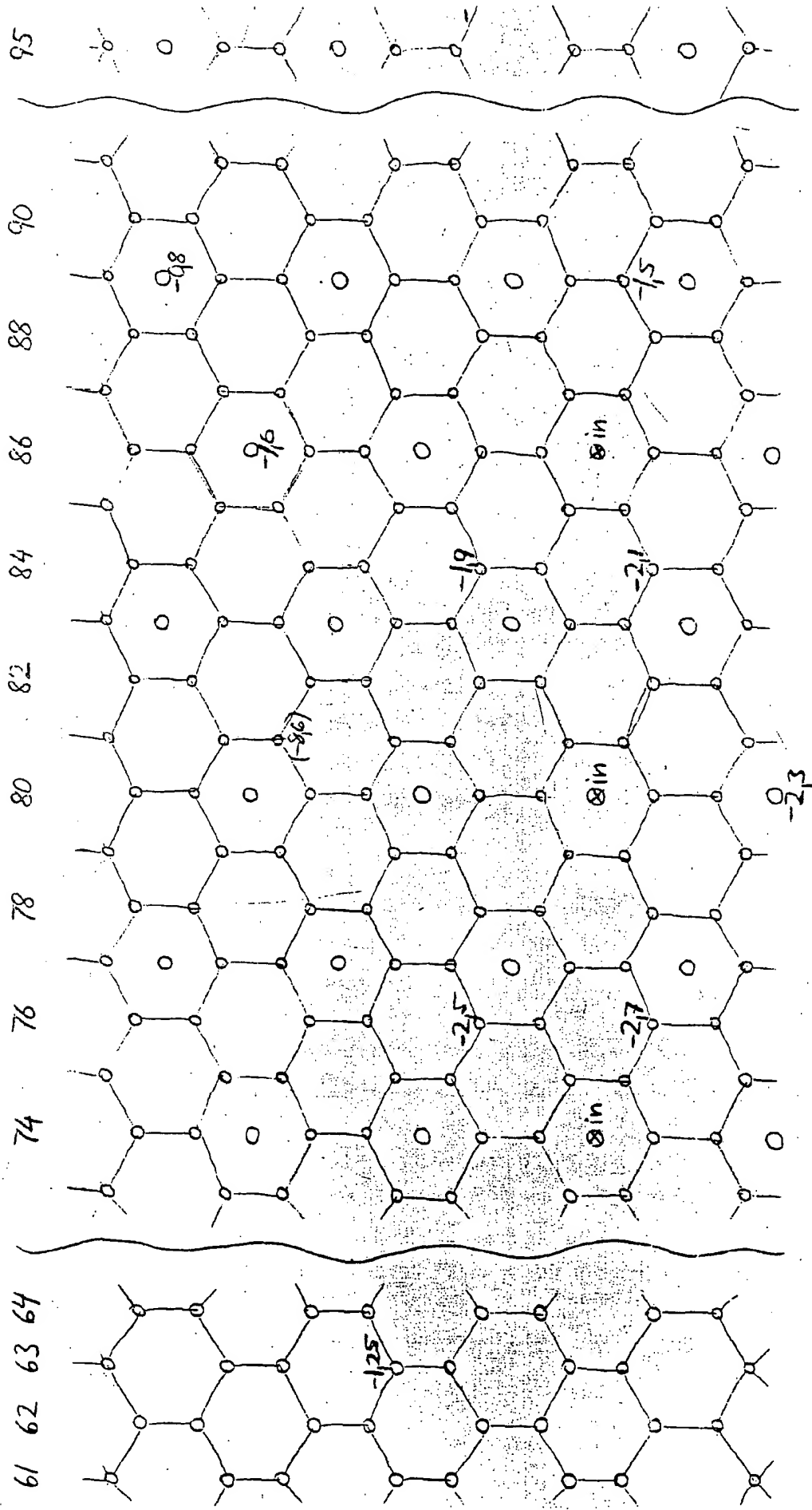


Fig. 2. Förändring av vattennivån efter 75h inläsning av  $\sim 450 \text{ km}^3/\text{h}$  i gashålen 18/74, 1980 G och 18/86 G. (+ = höjning, - = sänkning.)

Gascirkulationsförsöket.

Norrtorp I den 7-13 mars 1945.

För att undersöka, huruvida en cirkulation av okondenserbar gas i skifferberget möjligen skulle kunna öka oljeutbytet genom "spolverkan" utfördes i början av mars 1945 några försök å försöksfältet, Norrtorp I.

Tillståndet i fältet var vid försöket följande:

<u>Inkopplade värmerader:</u>	45 - 51	} (se bilaga 4)
<u>Öppna gasrader:</u>	39 - 49	

Som cirkulationsgas användes den efter kondensorer och gasbensinanläggning erhållna, okondenserbara rågasen, vilken inblåstes i skifferberget medelst två seriekopplade, roterande kompressorer.

Inblåsningen skedde genom 6 i en hexagonal placerade gashål å den avverkade delen av fältet, vilka hål först renspolats med vatten. Denna sexhörning utgjordes av gashål i raderna 19G, 22G och 25G i mitten av fältet, alltså på ett avstånd av c:a 56 meter från bakersta, öppna gasraden vid tillfället. Håldjupet var c:a 20 meter.

Det visade sig vid inblåsningsförsöken att samtliga hål mot-togo gas, dock olika mycket.

Resultaten av huvudförsöket, vilket pågick från den 7/3 kl. 09.30 till den 12/3 kl. 12.00, framgå av bifogade tabeller (bilagorna 1 - 3), vilka för jämförelses skull omfatta även en tidsperiod före och efter försöket.

Av dessa synes att cirkulationen ej haft någon märkbar inverkan på fältets produktion. Produktionen av okondenserbar gas förefaller visserligen vid första påseendet att ha ökat, men om man från de angivna produktionssiffrorna drager den nedblåsta gasmängden, finner man att nettoproduktionen av gas har minskats kraftigt. Detta betyder med andra ord, att större delen av den nedblåsta gasmängden har gått förlorad genom läckage eller på annat sätt, innan den letat sig fram till gashålen. Ett betydligt ökat markläckage kunde också iakttagas under den tid försöket pågick.

Det torde emellertid genom försöket ha fastslagits, att någon

spolverkan genom cirkulerande okondenserbar gas ej kan åstadkommas, åtminstone ej under de betingelser, som varit förhanden i ovannämnda försök.

Norrtorp i mars 1945.

SVENSKA SKIFFEROLJE A.-B.  
LJUNGSTRÖMSANLÄGGNINGEN

*Östen Salomonsson*

Gascirkulationsförsöket.

T a b e l l I.

Lilla fältets produktion, mars 1945.

dag	T i m p r o d u k t i o n e n a v					G a s a n a l y s				Anm.
	olja liter	därav bensin liter	vatten liter	rågas Nm <sup>3</sup>	ammo- niak kg	H <sub>2</sub> S %	CnH <sub>2n</sub> %	H <sub>2</sub> %	CnH <sub>2n+2</sub> %	
26/2	430	112	560		4,26	22,8	1,9	19,6	48,9	
27/2	421	104	540	544	-	22,2	2,0	18,5	50,7	
28/2	318	118	570	553	-	23,8	2,0	17,6	50,9	
1/3	432	111	670	565	-	23,7	1,9	21,6	47,0	
2/3	403	88	700	531	-	23,7	2,0	19,3	49,1	
3/3	373	97	695	524	-	20,0	1,8	20,3	48,9	
4/3	332	108	650	534	-	-	-	-	-	
5/3	332	100	620	529	6,1	(18,7)	2,0	19,7	48,9	
6/3	373	103	605		4,44	-	-	-	-	
7/3	398	107	595		4,53	23,2	1,5	19,5	50,0	
8/3	455	112	665		5,54	23,4	2,4	17,9	49,3	Försöket på- gick
9/3	396	110	600		4,90	-	-	-	-	
10/3	332	112	675		4,88	-	-	-	-	
11/3	413	101	720		-	-	-	-	-	
12/3	419	105	625		4,44	-	-	-	-	
13/3	402	97	575		4,43	-	-	-	-	
14/3	434	98	650		4,89	28,0	2,1	18,8	50,0	
15/3	427	110	670		5,39	25,9	2,2	21,2	47,9	
16/3	408	94	630		5,60	24,6	2,2	24,7	44,2	
17/3	445	106	660		-	23,5	1,4	20,8	50,0	

Gascirkulationsförsöket.

Bil. 2

Reg.Lj.165.

T a b e l l II.

Försöksprotokoll.

Dag kl.	Ing. gas till gasbensen $V_1$ m <sup>3</sup> /h	Gastryck före gasb. mm Hg	Nedblåst gas $V_3$ m <sup>3</sup> /h	Netto gas $V_2$ m <sup>3</sup> /h	Anm.
5/3	529	70	-	529	
6/3	526	57	-	526	
7/3:					
09.00	518	58	-	518	tryck i fron- ten = 138 mm Hg Nedblåsn. star- tad
09.15	517	58	-	517	
09.30	517	58	460	57	
09.35	541	66	460	81	tryck i fron- ten 138 mm
09.45	612	60	460	152	
10.00	624	62	460	164	
10.15	626	56	460	166	
11.00	626	60	460	166	
12.00	640	63	460	180	
13.00	624	60	460	164	
14.00	623	64	460	163	
15.00	621	60	460	161	
16.00	620	61	460	160	
18.00	622	64	460	162	
20.00	613	63	460	153	
22.00	615	64	460	155	
24.00	652	66	460	192	
8/3:					
02.00	603	61	460	143	tryck i fron- ten 170 mm.
04.00	620	63	460	160	
06.00	662	62	460	202	
08.00	606	60	460	146	
10.00	612	59	460	152	
12.00	602	60	460	142	
14.00	607	63	460	147	
16.00	591	60	460	131	



Gascirkulationsförsöket.

Bil. 2

Reg. Lj. 165.

T a b e l l II: forts.

Dag Kl.	Ing. gas till gasbensin $V_1$ m <sup>3</sup> /h	Gastryck före gasb. mm Hg	Nedbläst gas $V_3$ m <sup>3</sup> /h	Netto gas $V_2$ m <sup>3</sup> /h	Anm.
8/3:					
20.00	601	62	460	141	
24.00	596	63	460	136	
9/3:					
04.00	594	62	460	134	
08.00	607	63	460	147	
12.00	615	62	460	155	
16.00	608	60	460	148	
20.00	610	62	460	150	
24.00	621	65	460	161	
10/3:					
04.00	596	62	460	136	
08.00	620	65	460	160	
12.00	610	64	460	150	
16.00	613	66	460		Tryck i fronten 170 mm Minskad nedblås- gasmängd
20.00	600	62	↓		
24.00	610	63	↓		" ✓ "
11/3:					
04.00	581	65	↓		
08.00	575	63	↓		
12.00	-	-	250		Ökat tryck i fronten=180 mm
12.15	635	73	250		Alla ventiler öppnade $\frac{1}{2}$ varv
12.30	653	73	250		
12.30	630	71	250		
14.30					Ventilerna åter- strypta $\frac{1}{2}$ varv
15.45					Fläktarna stop- pade för ren- göring
16.00	530	71	0	530	Fläktarna ånyo startade
17.00					
20.00	595	67	290	305	
22.00					Mottrycket i berget börjar sjunka igen.

Gascirkulationsförsöket.

Bll. 2

Reg. Lj. 165.

T a b e l l II: forts.

ag	Ing. gas till gasbensin $V_1$ m <sup>3</sup> /h	Gastryck före gasb. mm Hg	Nedblåst gas $V_3$ m <sup>3</sup> /h	Netto gas $V_2$ m <sup>3</sup> /h	Anm.
..	590	66	290	300	
2/3:	592	67	290	302	
..	583	65	290	293	
..			265		
..	587	66	260	327	Trycket i fron- ten=170 mm Hg
..					Marktemp. i ett temp.hål inom 6-hörn. c:a 290°C
..					Gasanalys tages
..	528	75	0	528	Kompr. ur drift
..	510	68	0	510	
..	586	60	470	116	kompr. ånyo i drift
1/3:	575	60	470	105	
..	590	59	470	120	
..					Försöket av- bröts
2.00	552	75	-	552	Kompressorerna inv. belagda med ett 1-5 mm tjockt skikt av ammoniumkar- bonat + olja.
3.00	553	79	-	553	
4.00	542	74	-	542	
4.00	540	76	-	540	
4/3:	555	78	-	555	
3.00	561	77	-	561	
2.	559	76	-	559	
3.00	568	75	-	568	
0.00	530	76	-	530	

## Diverse anteckningar.

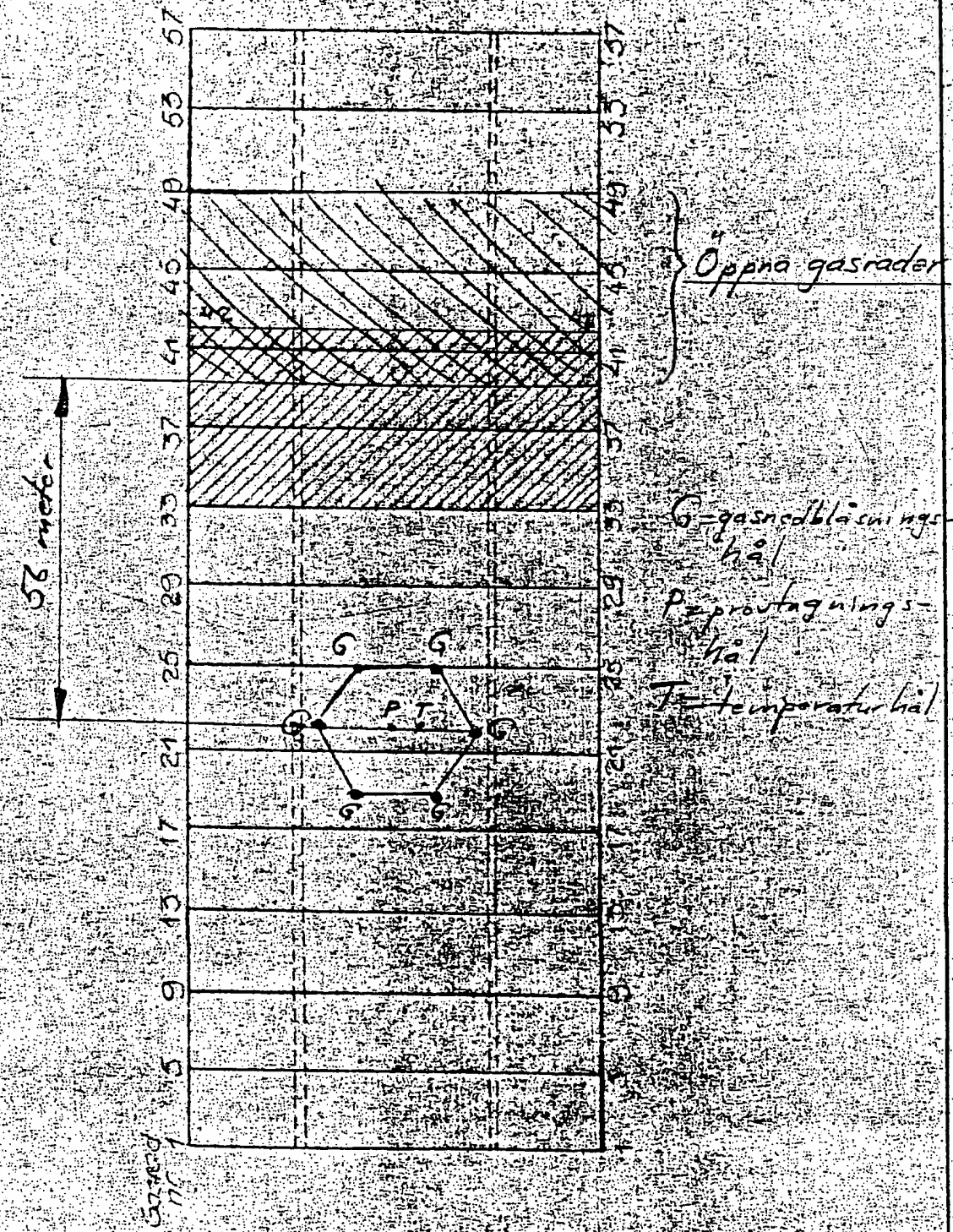
1. Temperaturmätning: temp.hål 21 i värmerad  
22 (inom sexhörningen): den 12/3-45

<u>Avstånd från botten, m.</u>	<u>Temp. °C.</u>
4	115
6	205
8	267
10	292
12	286
14	229

2. Gasanalys: prov taget i centrum av sexhörningen  
den 12/3 1945 kl. 12.00

H <sub>2</sub> S	19,4 %	}	26,4 %
CO <sub>2</sub>	7,0 %		
O <sub>2</sub>	0,1 %		
CO	0,4 %		
CnH <sub>2</sub> n	1,5 %		
H <sub>2</sub>	22,0 %		
CnH <sub>2</sub> n+2	40,3 %	}	49,6 %
N <sub>2</sub>	9,3 %		

Alltså en fullt normal rågasanalys.



81. 229. 1000. 7. 44.

## Luftinblåsningsförsöken.

### Norrtrorp I.

Vid framställning av olja enligt Ljungströmsmetoden utvinnes endast  $1/4 - 1/3$  av skifferns kaloriinnehåll i form av olja, gas och svavel. Den i marken kvarvarande koksen innehåller fortfarande efter avdrivningen av olja o.s.v. c:a 1500 kcal/kg. Den är dessutom uppvärmd till en temperatur av 300-350°C.

För att utnyttja detta kemiska och fysiska värme kan man tänka sig, att genom redan förut befintliga gashål nedpressa luft eller syrgas och därigenom åstadkomma en förbränning av koksen. Värmet skulle sedan tillvaratagas enligt t.ex. något av följande alternativ:

- a) i form av generatorgas, som skulle bildas om förbränningen finge ske vid tillräckligt hög temperatur,
- b) i form av vattengas genom förbränning vid hög temperatur i närvaro av vattenånga,
- c) genom värmetransport i skifferberget skulle nya skifferpartier upphettas till pyrolystemperatur och annan energiinmatning bli överflödigt.

De värmekvantiteter, som skulle kunna vinnas, om något av dessa förslag kunde genomföras i praktiken, äro betydande. Överslagsvis kan man (se Reg. <sup>296</sup> Lj.) ange siffran 1 miljon kcal/ton koks, eller 30 miljoner kcal/m<sup>2</sup> markyta. Vid en anläggning av samma storlek som nuvarande stora Ljungströms-fältet (inmatning 19000 kW, produktion 3000 l/h olja + 3000 m<sup>3</sup>/h rågas), skulle erhållas i koksforbränningsenergi mer än 100.000 kW, således mångdubbelt mera än den inmatade elektriska energin.

Den luftmängd, som skulle åtgå, blir ungefär 1660 m<sup>3</sup> luft/ton koks, eller 50.000 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> markyta. För att hålla jämn takt med frontens vandringshastighet skulle å Norrtrorp I behövas c:a 28.000 m<sup>3</sup>/h och å Norrtrorp II c:a 150.000 m<sup>3</sup>/h.

För att utröna huruvida någon av ovanstående idéer är genomförbar rent tekniskt sett, har utförts en rad undersökningar, dels å laboratoriet, dels å försöksfältet.

Laboratorieundersökningarna ha visat, att skifferkoksen lätt brinner, varvid bildas  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  och  $\text{H}_2\text{O}$ , och att dessutom en del av det kvarvarande bundna kvävet frigöres i form av ammoniak. Däremot bildas icke (som också var att vänta) vare sig koloxid eller väte.

Väte kunde visserligen påvisas i liten utsträckning vid ett försök, men temperaturen var därvid så nära koksens sintringstemperatur, att detta alternativ är otänkbart att använda i praktiken. Se reg. Lj. 285 och Lj 289.

Fältförsöken avsågo att bringa klarhet i hur förbränningen skulle komma att fördela sig i skifferberget, hur förbränningsgaserna skulle förhålla sig o.s.v.

Förloppet av luftinblåsningsförsöken framgår i detalj av bifogade journal med bilagor. I tre gashål å den avverkade delen av lilla fältet inblåstes totalt c:a  $250.000 \text{ m}^3$  luft med en hastighet av  $100\text{--}300 \text{ m}^3/\text{h}$ . Trycket i berget var under den tid inblåsningen pågick endast obetydligt högre än annars, och produktionen av gas och olja från fältet påverkades icke alls av inblåsningen. Någon inblandning av förbränningsprodukter i pyrolysgaserna kunde ej iakttagas.

Detta tyder på, att förbränningsgaserna ha sökt sig ut genom sprickor och andra håligheter och helt enkelt ha försvunnit ut i omgivningen. (Läckaget upp genom markytan var dock snarare mindre än vanligt, under den tid försöken pågingo.) Detta är den enda acceptabla förklaringen, trots att den motsäges av tidigare erfarenheter. Man har nämligen vid olika tillfällen funnit, att skiljeytan mellan omgivningen och skifferkoksen förhållit sig som en åtminstone för vatten och pyrolyspanprodukter ogenomsäpplig vägg.

En annan förklaring skulle vara, att förbränningsgaserna skulle reagera kemiskt på något sätt och därigenom försvinna. För vissa beståndsdelar finns denna möjlighet. Vattnet kan kondenseras i tak- och sidopartier, där temperaturen är tillräckligt låg. De sura gaserna ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) kunna gå i lösning, t.ex. i det från pyrolysen härstammande starkt alkaliska vattnet. Svaveldioxiden kan dessutom reagera med svavelväte under bildning av fritt svavel, som lätt kondenseras.

Den övervägande delen av rökgaserna utgöres emellertid av

kväve, som ej kan reagera under de föreliggande förhållandena. Det enda alternativet skulle vara förening med väte under bildning av ammoniak, men termodynamiska beräkningar ge vid handen, att denna reaktion icke kan komma i fråga för förklaringen av gasernas försvinnande.

Det torde därför knappast vara några tvivel om att gaserna läckt ut i omgivningen.

På ett flertal ställen togos gasprover. Bl.a. undersöktes den gas, som strömmade ut ur inblåsningshålen, sedan lufttillförseln avbrutits. Den visade sig bestå av förbränningsprodukter, nämligen kolsyra, svaveldioxid och vattenånga samt kväve. Dock visade sig det högst märkliga förhållandet, att halten av sura förbränningsgaser var högre än den teoretiskt möjliga halten vid förbränning i luft. Den okondenserbara delen av gasen innehöll ända till 95% sura gaser, medan man vid vanlig förbränning endast kan erhålla max. 20,9% sura gaser (= halten av syre i luften). En möjlighet till förklaring av detta faktum diskuteras nedan.

Om gas fick fritt strömma ut genom ett inblåsningshål under tillräckligt lång tid, sjönk halten förbränningsprodukter och så småningom fick gasen allt mera karaktären av vanlig rågas. Svaveldioxiden utbyttes mot svavelväte och kondensatet började innehålla litet olja. Under övergången erhöles avsevärda mängder fritt svavel i rörledningar och kondensatbehållare, tydligen från reaktionen:  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ . Rökgaserna hade vid utströmmandet en temperatur av  $100 - 120^\circ$ , medan pyrolysgaserna voro upp till  $220^\circ$  varma.

Även i övriga provtagningshål inom en radie av c:a 12 meter från inblåsningstället erhöles förbränningsgaser med högre eller lägre halt av  $\text{CO}_2 + \text{SO}_2$ . I några hål erhöles även fritt syre.

I de hål, som lågo på större avstånd från inblåsningshålen, åt pyrolysfronten till, erhöles vanlig rågas. Visserligen märktes vid första öppnandet av hålen en kraftig ammoniaklukt hos gasen, men efter en kort stunds utströmning hade gasen i det närmaste samma sammansättning som vanlig rågas.

Ur ett hål på 27 meters avstånd från inblåsningstället utströmmade, oväntat nog, rökgaser. Orsatanalysen visade en syrehalt av över 7%. Detta berodde tydligen på att detta hål genom

någon större spricka stod i direkt kommunikation med luftintaget. Andra hål i närheten av det nämnda gävo nämligen vanlig rågas.

I fältets motsatta del (gasrad 1) erhöles även intressanta resultat. Där uttagna gasprover visade nämligen en kvävehalt av ej mindre än 95%. Efter en stunds utströmning sjönk dock kvävehalten och gasen uppblandades med alltmera rågas.

Den märkliga separation av två delar av rökgasen,  $\text{CO}_2$  +  $\text{SO}_2$  resp.  $\text{N}_2$ , som sålunda synes ha skett, kan möjligen förklaras på följande sätt.

Efterhand som de bildas, tränga rökgaserna ut koncentriskt från förbränningszonen. De komma så småningom till kallare delar av berget (sidor, tak, botten), där vattenångan börjar kondensera. Ev. påträffas redan förut befintligt vatten. De sura gaserna äro relativt lösliga i vatten och gå därför i lösning, medan kvävet är mindre lösligt och alltså passerar förbi. Hela koksmassan är att betrakta som en porös kropp med god kommunikation mellan de olika delarna. Då gastrycket förmodligen är något litet högre i de delar av fältet, som för tillfället stå under pyrolys, än i övriga delar, kommer gasströmningen från förbränningsstället att ske övervägande i riktning mot fältets startlinje (rad 1). Det blir alltså företrädesvis kvävet, som strömmar i den riktningen, medan de sura gaserna finnas lösta i vatten i de kalla zoner, som ligga närmast förbränningszonen, d.v.s. i taket resp. botten av koks- "lådan", närmast över, resp. under luftintaget.

När sedan inblåsningen avbrytes och röret lämnas öppet, sänkes trycket i denna del av koksen. Därvid kommer omgivningens vattenyta, som ju ändrar läge alltefter det tryck den är utsatt för, att förflytta sig in mot förbränningszonen något litet. Då den sålunda kommer in i varmare partier av koksen, blir avkokningen från ytan livligare. Det sänkta gastrycket över ytan bidrager också till att öka avgivningen av lösta gaser från vattnet. Slutresultatet blir alltså, att de lösta sura gaserna åter frigöras och kunna strömma ut.

Ett stöd för denna hypotes utgör det faktum, att vid det stora utströmningsförsöket vid hål 13G10 gastemperaturen



var 100-145° så länge förbränningsgaser utströmmade, men steg så snart rågasen visade sig.

Sammanfattning.

Försöken ha visat:

- a) att koksen lätt förbrinner vid nedblåsning av luft,
- b) att förbränningsprodukterna ej söka sig fram till pyrolysområdet och blanda sig med pyrolysgasen,
- c) att luftfördelningen i koksen och därmed förbränningen blir tämligen ojämn på grund av sprickor och andra håligheter,
- d) att skifferfältets "väggar" utan större motstånd genomsläppa ganska stora gasmängder till omgivningen,
- e) att rökgaserna i närheten av förbränningszonen genomgå en, vad man skulle kunna kalla "kolsyretvätt", där de sura gaserna absorberas av vatten och åter avgivas vid en mindre temperaturhöjning + en trycksänkning.

Möjligheten att tillvarataga det disponibla värmets genom pyrolysis av intill-liggande skiffer är tämligen små på grund av förbränningens ojämnheter i olika delar. Däremot kan det tänkas, att en del av värmets kan tillgodogöras i form av lågtrycksånga. Man kan möjligen också tänka sig att tillvarataga koksens svavelhalt i form av SO<sub>2</sub>. Ytterligare uppslag är utvinningen av kolsyra resp. kvävgas.

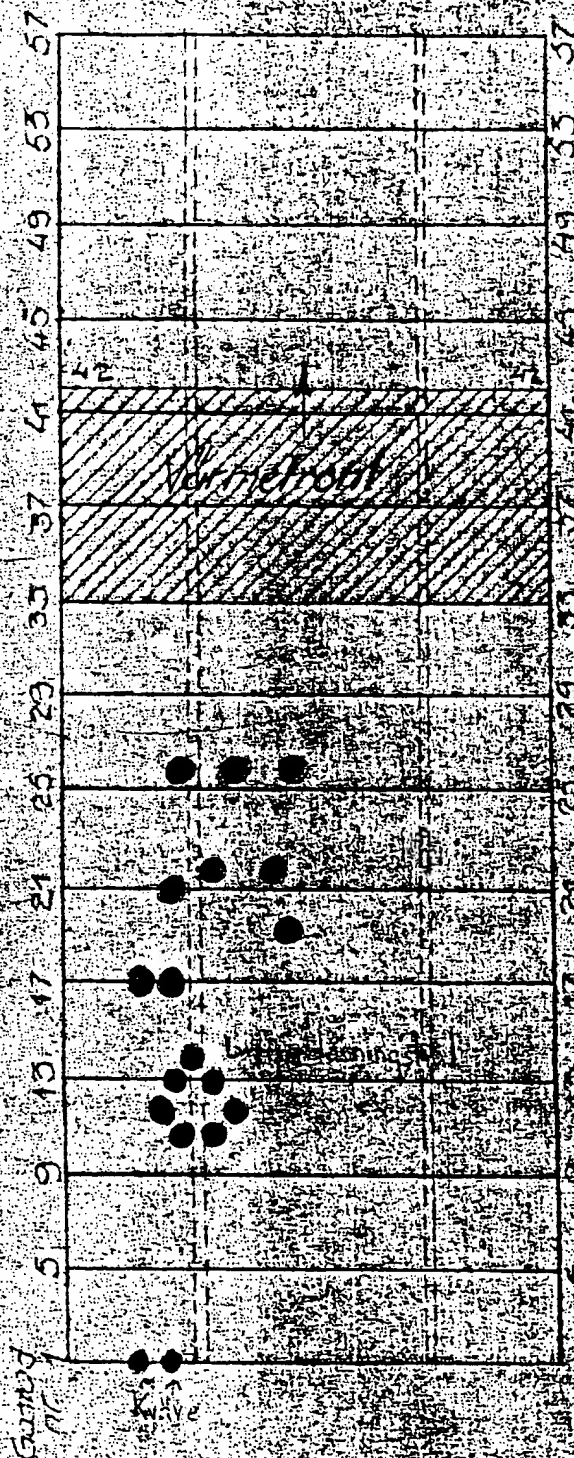
Norrtorp, april 1945.

SVENSKA SKIFFEROLJE A.-B.  
LJUNGSTRÖMSANLÄGGNINGEN

*Ersta Salomonson*

# Norrtorp I. Gasanalyser

Rap. LJ-



## Beveckningar

- = rägas
- = förbränningsgas ( $\text{CO}_2 + \text{SO}_2$ )
- = luftinblåsning
- = kväve ( $\text{N}_2$ )

Bearb. / 194

Kontroll / 194

Skala 1/1000

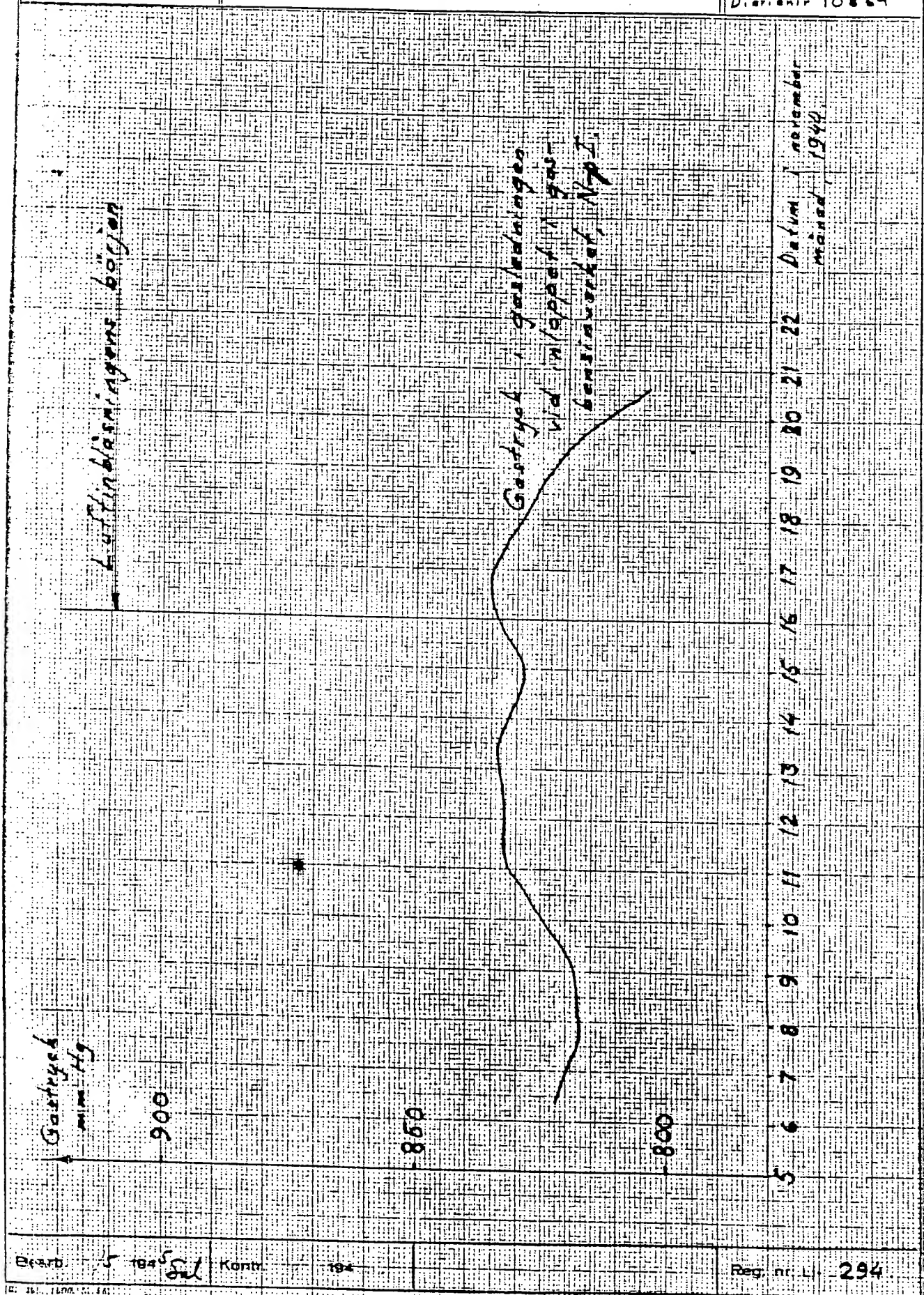
Rap. LJ-

Avläsningar å gasmätare, Norrtoorp I.

Datum	Kl.	$h_1$ mm	$p_1$ mm	$t_1$ °C	$V_1$ Nm <sup>3</sup> /h
16/11	9.00	165	69	5	590
	10.00	164	69	5	589
	11.00	166	69	5,5	591
	12.00	167	69	6,5	592
	13.00	170	69	11,5	592
	14.00	173	69	10,5	598
	Inblåsn. började	14.30			
	15.00	182	69	19	605
	16.00	174	69	10,5	600
	17.00	174	70	10,5	600
	21.45	187	70	21	610
	23.00	176	70	12,5	600
17/11	7.30	178	68	25	590







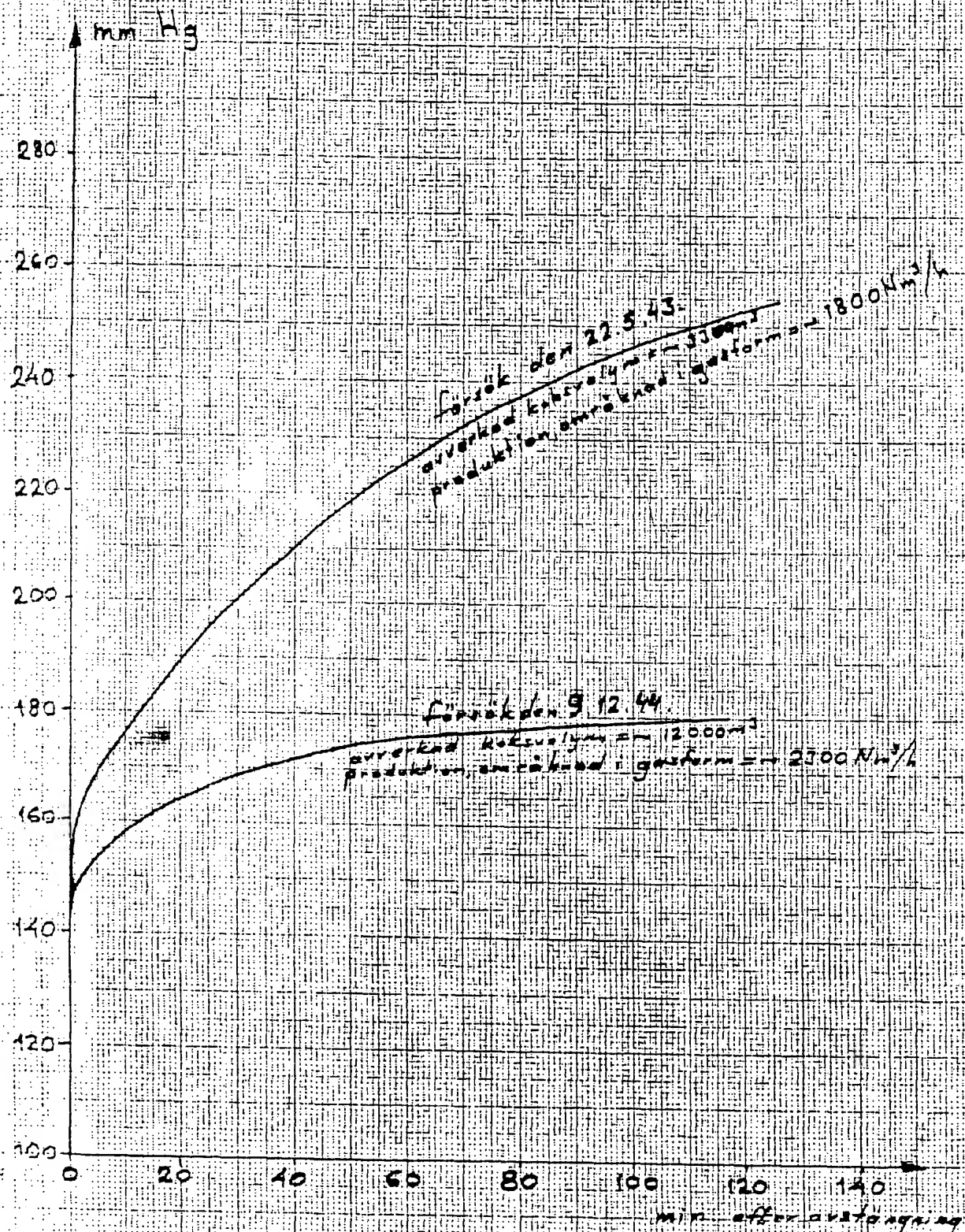
Avläsningar å gasmätare, Norrtorp I.

Datum	Kl.	$h_1$ mm	$p_1$ mm	$t_1$ °C	$V_1$ Nm <sup>3</sup> /h
30/11	10.30	117	61	9	490
	12.15	115	63	7	488
	13.30	125	66	11	505
	14.30	126	65	10	508
	15.30	126	63	10	507
1/12	8.30	135	66	23	514

Tryckmätningar i fältet, Norrortorp I.

Den 6/12 1944 kl. 10.00

<u>Gashål</u>	<u>Gastyp</u>	<u>Tryck mm Hg</u>
37G8	rågas	157
33G8	rågas	159
26G9	rågas med NH <sub>3</sub> - lukt	156
21G8	SO <sub>2</sub> -lukt	161
13G8	"-	160
11G6		159
1G6	(rågas)	155





Tryckmätningar i Norrortorp I  
 vid helt stängt avlopp  
 den 9/12 1944 kl. 10.30 - 12.10.

Tid från avstängnings- ögonblicket min.	Tryck, mm Hg		Anm.
	hål 35G10	hål 13G6	
0	150	-	Gasen avstängd Kompr. frånsl.
18	160	80	
30	160	80	
45	164	80	
75	164	80	
100	140	60	Gasen öppnad Kompr. tillslagna
130	140	60	
180	-	67	

10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

[illegible]

Reg. Lj. 294.

Bil. 10.

Avläsningar å gasmätaren, Norrtrorp I  
den 5.1.45.

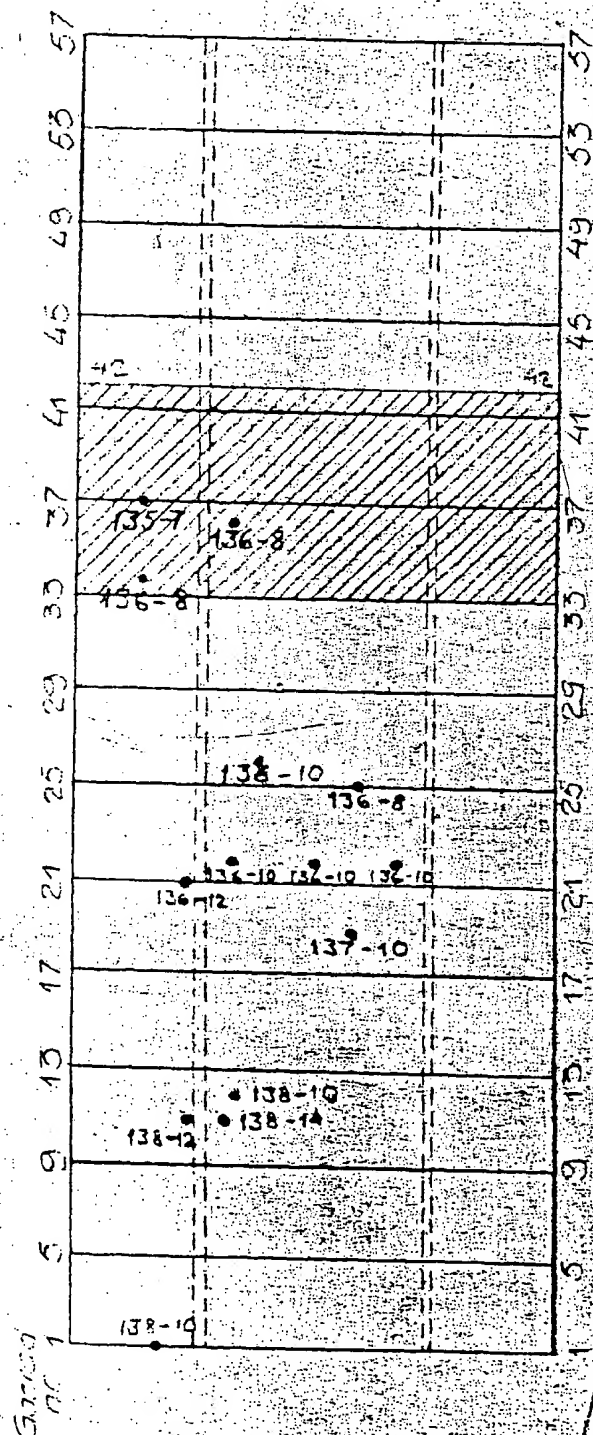
-----

B.	Dat. Kl.	$h_1$ mm	$p_1$ mm	$t_1$ °C	$V_1$	
745,0 ↓	5/1 9.45	93	50	+11	428	
	10.45	80	46	+3	401	
	11.45	76	40	3	390	
	12.15	74	43	4,5	384	kompr. avst. kl. 12.00
	13.15	79	47	7	396	
746,2	14.15	73	48	5,5	382	

Tryckmätning, Norrortorp I  
den 8/1 kl. 10-14.

Hål	Tryck, mm Hg			
	kl. 10.30	kl. 11.30	kl. 13.30	
1 G 6	142	138	128	lilla fältet stora fältet)
(10G2N	130	128	125	
(12G4N	132	132	126	
(14G4N	136	134	127	" " )
11G12	138	138	124	lilla fältet
11G8	138	139	127	
12G11	136	138	128	
19G22	-	137	127	
21G8	136	138	126	
22G11	140	136	126	
22G17	-	136	126	
22G23	-	136	126	
25G20	136	136	128	
26G13	136	134	124	
35G4	134	136	128	
37G4	136	134	128	
36G11	135	135	128	

Beteckningen 136-8 anger, att trycket, då kompressorerna voro i gång var 136 mm Hg, men att det efter deras avstängning sjönk med 8 mm Hg till 128 mm Hg.



Bearb. 8/1 194.5

Kontr. /

194

Rap. Lj-

Provtagning vid utströmning i hål 1G6.

Dag kl.	Total utström- mande volym m <sup>3</sup> /h	Provtag- ning i volym l/h	G a s			K o n d e n s a t				För- söks- tid tim.
			CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> S	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	Vatten	Olja	NH <sub>3</sub> g/l	H <sub>2</sub> S g/l	
9/1:										
14.30	90	200	27.0	0.0	--	--	-	-	-	-
15.30	90	130	26.6	0.0	(5.64)	2045	45	0.24	0.60	2
10/1:										
12.00	90	270	27.4	0.0	11.7	-	-	-	-	-
13.00	90	260	27.4	0.0	-	2890	67	0,16	0.77	-
14.00	90	200	27.4	0.0	13.8	-	-	-	-	-
15.00	90	205	27.4	0.0	-	3035	70	0,16	0.42	-
16.00	90	210	27.5	0.0	9.6	-	-	-	-	5
11/1:										
12.15	90	270	27.4	0.0	14.6	-	-	-	-	-
13.15	90	270	28.0	0.0	12.0	3340	110	0,21	0,64	-
14.15	90	270	28.0	0.0	12.0	-	-	-	-	3

Utströmningsförsöket

håll 13G10

Dag	Kl.	Total utström- mande volym m <sup>3</sup> /h	Prov- tagn. volym l/h	Gas- temp. ° C	Gasanalyser				Kondensat				Anm.
					CO <sub>2</sub> + SO <sub>2</sub> %	SO <sub>2</sub> %	H <sub>2</sub> S %	CO %	Olja ml/h	ml/h	NH <sub>3</sub> g/lit.	S g/lit.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15/1	9.45	59	285	-	64,0	-	-	0,7	-	-	-	-	Igångsatt
	10.00	59	285	-	-	0,6	-	-	-	2	-	-	-
	11.15	48	280	-	38,8	-	-	0,8	-	-	-	-	-
	12.00	54	280	110	38,6	-	-	0,6	-	-	-	-	SO <sub>2</sub> :
	13.20	53	280	132	38,6	-	-	0,4	1	150	5,6	8,6	Fritt svavel i kondensatet.
	14.15	53	280	142	38,6	0,4	-	0,3	-	132	-	-	-
	15.15	54	210	143	38,6	-	-	0,4	-	-	-	-	SO <sub>2</sub> :
	16.15	53	280	143	39,2	1,4	-	0,4	-	142	2,8	5,0	Försöket avbrutet kl. 17.30 - 18.30
	17.15	56	280	145	38,4	1,2	-	0,3	-	-	-	-	på grund av is- bildning i kon- densorn
	19.30	51	290	148	37,9	1,0	-	0,2	-	972	-	-	-
	20.30	50	260	144	36,6	-	-	0,5	-	-	-	-	-
	21.30	47	290	146	37,8	1,0	-	0,2	-	1074	2,2	1,8	-
	22.30	28	280	110	39,3	1,4	-	0,4	-	1610	-	-	-
	23.30	22	290	105	41,0	-	-	0,3	-	-	-	-	-
16/1	00.30	22	210	107	39,4	1,1	-	0,2	-	1300	5,1	2,5	SO <sub>2</sub> :
	01.30	18	256	110	39,6	1,1	-	0,3	-	-	-	-	-
	02.30	35	284	116	37,7	-	-	0,1	-	-	-	-	-
	03.30	35	296	111	37,7	0,9	-	0,2	-	1030	-	-	-
	04.30	33	270	109	38,0	-	-	0,2	-	-	-	-	SO <sub>2</sub> :
	05.30	33	310	112	38,0	1,1	-	0,2	-	-	4,1	1,5	-
	06.30	31	270	111	38,7	-	-	0,2	-	1250	-	-	-
	07.30	22	242	108	37,9	1,3	-	0,2	-	500	-	-	-
	08.30	22	270	109	37,6	-	-	0,4	20 (?)	600	-	-	SO <sub>2</sub> :
	09.30	35	270	106	38,0	1,4	-	0,1	-	630	3,1	0,7	-
	10.30	35	270	110	38,0	-	-	0,4	-	850	-	-	SO <sub>2</sub> :
	11.30	22	226	106	38,6	1,5	-	0,3	20	740	2,7	0,3	-
	13.30	18	191	110	38,2	1,8	-	0,2	20	1120	-	-	-

Dag	Kl.	Total utström- mande volym m <sup>3</sup> /h	Prov- tagn. volym l/h	Gas- temp. °C	Gasanalys				Kondensat Vatten				Anm.
					CO <sub>2</sub> + SO <sub>2</sub> %	SO <sub>2</sub> %	H <sub>2</sub> S %	CO %	Olja ml/h	ml/h	NH <sub>3</sub> g/lit.	S g/lit.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
16/1	14.30	33	270	109	37,4	-	x) 2,1	0,5	10	1050	-	-	x) H <sub>2</sub> S började uppträda i gasen
	15.30	40	190	106	39,1	-	-	0,1	5	800	-	-	
	16.30	35	275	120	38,8	-	-	0,2	0	350	-	-	
	17.30	40	280	122	38,6	-	2,2	0,2	2	620	2,2	-	
	18.30	40	305	122	38,4	-	1,7	0,2	5	822	-	-	
	20.30	28	270	112	40,0	-	2,6	0,0	12	1190	-	-	
	22.30	21	305	105	40,7	-	2,4	0,1	6	1084	-	-	
17/1	00.30	25	290	105	41,3	-	2,3	0,1	8	1000	-	-	
	02.30	21	290	108	42,0	-	4,3	0,1	5	1070	-	-	
	04.30	43	210	145	42,0	-	2,9	0,2	3	200	-	-	
	06.30	43	270	165	42,2	-	5,3	0,1	5	485	-	-	
	08.30	43	-	170	41,5	-	-	0,2	-	-	-	-	
	11.00	53	300	177	41,6	-	2,2	0,2	8	1045	-	-	
	14.00	67	290	173	44,9	-	5,8	0,1	8	1113	-	-	
	16.00	56	300	175	43,6	-	-	0,4	8	1075	-	-	



Fortsatta avläsningar vid utströmningsförsöket i hål 13G10.

Dag	Kl.	Temp. °C	Total utströmmande volym m <sup>3</sup> /h	Dag	Kl.	Temp. °C	Total utströmmande volym m <sup>3</sup> /h
17/1	17.00	179	38	18/1	17.00	207	70
	18.00	180	39		18.00	204	73
	19.00	180	39		19.00	207	73
	20.00	181	35		20.00	209	74
	21.00	171	33		21.00	211	74
	22.00	171	35		22.00	206	74
	23.00	172	30,5		23.00	200	73
	24.00	175	30,5		24.00	191	72
18/1	01.00	177	28	19/1	01.00	188	70
	02.00	175	60		02.00	188	74
	03.00	180	65		03.00	189	73
	04.00	182	66		04.00	192	73
	05.00	181	65		05.00	195	75
	06.00	184	66		06.00	198	73
	07.00	186	65		07.00	200	74
	08.00	187	64		08.00	210	75
	09.00	195	71		09.00	216	75

Tryckmätning, Norrortorp I.

den 16/1 kl. 15.30

Hål nr	Tryck i mm Hg	Anm.
10G2N	126	Stora fältet.
12G3	124	
14G3	132	
11G10	132	
12G9	130	
19G20	128	
22G11	132	
22G17	132	
22G23	134	
25G20	134	
26G13	132	
35G4	132	
37G4	132	
36G11	132	

Svenska Skifferolje AB.,  
Kvarntorp

L A B O R A T O R I E T

Den 13/2 1945.

Uppdrag nr 129

Provet inkom den 12/2 1945. Märkning: Destillat av olja från kondensat  
vid fältförsök - 160°

avd. Ljungströmsanläggningen

Provet utgjordes av

Inlämnat av

Undersökning begärd å

CS<sub>2</sub>

---

Undersökningsresultat: Provet tvättat med 12%-ig NaOH  
0,02% CS<sub>2</sub>

E. Schjånberg

Luftinblåsningförsöken,  
Norrortorp I. 16/11-44 - 19/1-45.

Journal.

Dag kl.	H ä n d e l s e	Inblåst luftmängd	Bil. nr
<u>16/11-44:</u>	Platsen för försöken, se fält-karta		1
9-14	Gasvolymen Norrortorp I avläst med 1 timmes intervall: genomsnitt 592 Nm <sup>3</sup> /h, gastryck: 69 mm Hg		2
14.30	Luftinblåsningen igångsatt i hål 13G8, som uppblåsts till 15 m djup. Luftmängd: 100 Nm <sup>3</sup> /h		
15-23	Täta Orsatanalyser å gasen från Norrortorp I och II visade ingen O <sub>2</sub> -halt		
15-23	Gasvolymen Norrortorp I var i genomsnitt 600 Nm <sup>3</sup> /h. Gastryck: 69-70 mm Hg Betr. gasvolymens och gastryckets variationer före och under inblåsningen: se även bif. diagram		2 3,4
<u>17/11:</u> 15.30	Luftinblåsningen avbruten; 25 h å 100 m <sup>3</sup>	= 2500 Nm <sup>3</sup>	
<u>18/11:</u> 08.30	Öppnades hålet (13G8) varvid utströmmade ånga och gas. Gasen luktade starkt SO <sub>2</sub> .		
11.00	Gasanalys å utströmmande gas visade 1,0% SO <sub>2</sub>		
15.00	Luftinblåsningen ånyo igångsatt 100 m <sup>3</sup> /h		
<u>19/11:</u> <u>20/11:</u> 09.30	Inblåsning hela dygnet, 100 m <sup>3</sup> /h  Inblåsningen avbruten (42,5 h) = Därefter utsläppning genom finregleringsventil (öppen 1,5 varv). Ånga och gas utströmmade.	= 4250 m <sup>3</sup>	

Dag kl.	H ä n d e l s e	Inblåst Luftmängd	Bil. nr
<u>20/11:</u> 10.00	Orsatanalys å utströmmande gas = 11,0% CO <sub>2</sub> +SO <sub>2</sub> , 0,0% O <sub>2</sub> .		
12.00	Orsatanalys, dito: 15,6% CO <sub>2</sub> +SO <sub>2</sub> 0% O <sub>2</sub> , 0,88% SO <sub>2</sub> . Gasttrycket före ventilen: 150 mm Hg, vilket motsvarar en utströmning av 13 Nm <sup>3</sup> /h		
<u>21/11:</u> 09.00	Inblåsningen ånyo startad. Intet syre fortfarande i rågasen, Norr- torp I.	1500	
<u>22/11:</u> 16.00	Fortsatt inblåsning. Intet syre Norrortorp I  Orsat å bakströmm. gas: 19,4% CO <sub>2</sub> +SO <sub>2</sub> , 0,1% O <sub>2</sub> , 1,8% SO <sub>2</sub> , 0,6% C <sub>6</sub>	2300	
<u>23/11 -</u> <u>24/11.</u>	Fortsatt inblåsning. Intet syre, Norrortorp I	4800	
<u>24/11:</u> 11.00	Gashål 26G9 öppnat. Först utström- made en kraftigt NH <sub>3</sub> -luktdå, ej H <sub>2</sub> S- eller SO <sub>2</sub> -luktdå gas samt ånga. Lackmuspapper blåfärgades o- medelbart. Senare började H <sub>2</sub> S upp- träda i gasen, som så småningom fick mera rågaskaraktär. En stund senare gjordes Orsatanalys, som visade: 22% CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> S, 0,0% O <sub>2</sub> , 3% NH <sub>3</sub> . Sam- tidigt uppsamlat kondensat bestod av 300 ml H <sub>2</sub> O + 25 ml olja. Vattnet innehöll 6,7 g NH <sub>3</sub> /liter.	2400	
<u>25/11:</u>	Bakströmningsförsök ur hål 13G8. Orsatanalys å bakströmmande gasen gav 33% CO <sub>2</sub> +SO <sub>2</sub> (:), därav 1,9% SO <sub>2</sub> . Därefter fortsatt luftinblåsning.	2300	
<u>27/11:</u> 14.00	Gasprov ur hål 13G10: gasen utgjör- des av enbart vattenånga. Kondensatet innehöll ej SO <sub>2</sub> , men något litet H <sub>2</sub> S och en tydlig NH <sub>3</sub> - halt samt ~ 0,5% olja.  Bakströmningsförsök ur 13G8: Orsat: 36,0% CO <sub>2</sub> +SO <sub>2</sub> , därav 3,7% SO <sub>2</sub>		

Dag kl.	H ä n d e l s e	Inblåst luftmängd	Bil. nr
27/11: 15.00	Bakströmningsförsök ur 13G8: Orsat: 33,0% CO <sub>2</sub> +SO <sub>2</sub> , 0,0% O <sub>2</sub>	2200	5
28/11:	Fortsatt inblåsning	2400	
29/11:	" "	2400	
30/11: 11.00	Ytterligare en kompressor in- kopplad, varigenom luftmängden ökats till 200 m <sup>3</sup> /h. Fortfarande ingen ökning i gasvolymen, Norr- torp I	2600	
1/12: 11.00	Bakströmningsförsök ur 13G8. Orsat- analys: 90% CO <sub>2</sub> +SO <sub>2</sub> , därav 5,0% SO <sub>2</sub>		
12.00	Inblåsningen överflyttad från hål 13G8 till hål 14G9. I det förra hålet hade då sammanlagt inblåsts c:a 33.000 Nm <sup>3</sup> luft.	$\sim 33000$ 2400	6
2/12: 11.00	Bakströmningsförsök ur 13G8: SO <sub>2</sub> - bestämning: 1,4% SO <sub>2</sub>	4800	
3/12:	Fortsatt inblåsning	4800	
4/12: 12.00	Gas- och kondensatprov uttaget ur ett 10 m djupt gashål i första raden (hål 1G6). Orsat: 0,0% CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> S, 0,0% NH <sub>3</sub> , 0,0% O <sub>2</sub> , 95,6% N <sub>2</sub> , 4,4% kolväten. Kondensat: 0,5 g NH <sub>3</sub> /l. 0,5 g H <sub>2</sub> S/l.	4800	
5/12:	Fortsatt inblåsning	4800	
6/12: 10.00	Tryckmätning i Norrtorp I: se bifogad tabell		
7/12: 16.00	Den ena kompressorn försedd med ejektormunstycke, varigenom den inblåsta kvantiteten ökades till 275 m <sup>3</sup> /h. Den inblåsta luften för- delades i två hål: 100 m <sup>3</sup> /h i hål 14G9, 175 m <sup>3</sup> /h i hål 13G10	2200	
8/12: 10.00	Trycket i berget mätt med manome- ter, placerad mellan marken och understa ventilen på inblåsnings-		

Dag Kl.	H ä n d e l s e	Inblåst luftmängd	Bil. nr
	röret, dels med 1, dels med 2 kompressorer i gång. 1 kompr.: 190 mm Hg, 2 kompr.: 360 mm Hg	6600	
<u>9/12:</u> 10.00	Tryckmätningar: Norrortorp II: 150 mm Hg, Norrortorp I (fronten): 148 mm Hg. I ett hål å Norrortorp I i närheten av Norrortorp II var tryc- ket 150 mm Hg.		
10.30	Hela gasledningen från fronten Norrortorp I avstängd. Trycket i berget steg enl. bifogad kurva (betydligt långsammare än vid försök den 27/5 1943). Kurvan återger trycket i huvudgasledning- en, d.v.s. i fronten. Därjämte mättes trycket i hålen 35G10 och 13G6. Under försöket voro kompres- sorerna frånslagna. Se bif. tabell	2900	7
12.10	Luftinblåsningen ånyo startad	3300	8
<u>10/12 -</u> <u>13/12.</u>	Fortsatt luftinblåsning	26400	
<u>14/12:</u> 10.00	Provtagningskondensor ("harpan") färdig. Prov taget ur hål 1G8 (90 minuter): se bif. tabell		9
<u>14/12 -</u> <u>4/1:</u>	Gasprover tagna ur ett flertal hål (se tabell). De på olika ställen erhållna olika syrehalterna tyda på att luften fördelats tämligen ojämnt på grund av sprickor i ber- get. Anmärkningsvärda siffror: 1,36% SO <sub>2</sub> i hål 17G6. 19,9 g NH <sub>3</sub> /liter i hål 26G13. 46,2% CO <sub>2</sub> +SO <sub>2</sub> , 3,8% SO <sub>2</sub> i hål 15G8.	145200	
<u>5/1:</u>	Luftinblåsningen avbröts Totalt inblåst luftmängd = Gasvolymen å Norrortorp I visade ingen reaktion, då inblåsningen avbröts. Se tabell	3300 252500 m <sup>3</sup>	10

Dag kl.	H ä n d e l s e	Inblåst luftmängd	Bil. nr
8/1:	Tryckmätning å lilla fältet. Se tabell och fältkarta. Trycken mättes dels med kompressor (175 m <sup>3</sup> /h) igång, dels med avstängd kompressor. Trycket blev i senare fallet c:a 10 mm Hg lägre.		11, 12
9/1: 13.30 - 15.30	Igångsattes <u>utströmningsförsök</u> i hål 1G6. Avbröts efter 2 tim. Analyser = se tabell		13
10/1: 11.00 - 16.00	Dito, dito. C:a 27,4% CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> S, d.v.s. normal rågas, ehuru utspädd med N <sub>2</sub>		13
11/1: 12.15 - 15.15	Dito, dito		13
15/1: 9.45	Gasutströmningsförsök ur hål 13Glo. Gasröret öppnades för fullt och gasen fick fritt utströmma. En liten del av gasen uttogs genom provtagningskylaren och kondensat och gas mättes och analyserades. Se bifogade tabell <u>Resultat:</u> CO <sub>2</sub> +SO <sub>2</sub> -halten: höll sig konstant vid c:a 38-39%, men steg mot slutet av försöket till 42-45%. O <sub>2</sub> -halt: praktiskt taget = 0. CO-halt: sjönk från 0,8% till 0%. SO <sub>2</sub> -halt: sjönk från c:a 1,4% till 0 för att sedan utbytas mot H <sub>2</sub> S, som steg till c:a 4-5%. Vid övergången uppträdde tämligen mycket fritt svavel i gas och kondensat.		14



Dag Kl.	H ä n d e l s e	Inblåst luftmängd	Bil. nr
	<u>Temperatur:</u> Steg sakta från $110^{\circ}$ till $145^{\circ}$ , sjönk till $105^{\circ}$ , steg kontinuerligt till $200^{\circ}\text{C}$ . <u>Vattenmängd:</u> Steg snart till c:a 1000 ml/h <u>Olja:</u> I början 0, senare 5-10 ml/h <u>NH<sub>3</sub>:</u> Växlande mellan 2 och 5 g/lit.		
<u>16/1:</u>			
15.30	Tryckmätning. Se tabell		15
<u>17/1:</u>	CS <sub>2</sub> -bestämning i kond.-olja från 13Glo: 0,02% CS <sub>2</sub>		16

Beräkningar i samband med  
luftinblåsningsförsöket.

De reaktioner, som ske i skifferkoksens förbränning äro (schematiskt):

- 1)  $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 94240 \text{ cal}$
- 2)  $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O \text{ gasf.} + 57809 \text{ cal}$
- 3)  $S + O_2 \rightarrow SO_2 + 69350 \text{ cal.}$

De frigjorda värmemängderna bli:

- 1) Fr 1 kg C = 7833 kcal
- 2) Fr 1 kg H = 28.904 kcal
- 3) Fr 1 kg S = 2.167 kcal.

Skifferkoksens från ugnarna halt av brännbar substans är:

112 kg C/ton koks

3 " H/ " "

36 " S/ " "

Detta motsvarar alltså ett värmevärde av

$112 \times 7.833 + 3 \times 28.904 + 36 \times 2.167 = 1042.020 \text{ kcal/ton}$

d.v.s. 1042 kcal/kg. Detta värde stämmer tämligen bra med de uppmätta värdena. Denna approximativa metod att beräkna värmevärdet har därför använts även för beräkning av Ljungströmskoksens värmevärde:

156 kg C/ton koks = 1221.950 kcal

5 " H/ " " = 144.520 "

41 " S/ " " = 88.850 "

Totala värmevärdet /ton = 1455.320 kcal

eller c:a 1455 kcal/kg Lj-koks.

Denna siffra stämmer f.ö. tämligen bra med det värmevärde, som erhålles som skillnad mellan å ena sidan skifferns värmevärde och tillförd energi och å andra sidan de utvunna produkternas värmevärde + förlusterna.

I fortsättningen räknas med det avrundade värdet, 1500 kcal/kg koks.

Vid förbränningen i skifferkoksen föreligger underskott på luft och man kan alltså räkna med fullständig förbrukning av syret.

Den teoretiska luftmängden för förbränning av 1 ton koks blir:

$$\left( \frac{156}{12} \times 22,4 + \frac{5}{2} \times 11,2 + \frac{41}{32} \times 22,4 \right) \times \frac{100}{21} = \underline{\underline{1656 \text{ Nm}^3}}$$

1 Nm<sup>3</sup> luft ger alltså vid förbränningen  
910 kcal, vilket motsvarar 0,60 kg koks.

Förbränningsprodukterna vid förbränning av 1 Nm<sup>3</sup> luft bli:  
0,176 Nm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> + 0,034 Nm<sup>3</sup> (H<sub>2</sub>O) gas + 0,017 Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> + 0,790 Nm<sup>3</sup> N<sub>2</sub>.

Skifferkoksens begynnelsestemperatur vid försökens början: 300°C. Om koksen upphettas över denna temperatur, erhålles mellan 300° och 600°C ytterligare c:a 30 Nm<sup>3</sup> pyrolysgas (huvudsakligen väte) pr ton koks, utöver vad som erhållits vid den ordinarie pyrolysen. Denna gas förbrinner emellertid i närheten av inblåsningsstället. Till denna gasutveckling tas i det följande ingen hänsyn.

Koksen sintrar ihop vid ungefär 900°C. Nedanstående beräkningar avse därför en upphettning till c:a 800°, emedan en högre temperatur av nämnda skäl ej kan ifrågakomma vid försöken.

Skifferkoksen specifika värme mellan 300° och 800° är i genomsnitt c:a 0,50 kcal/kg, grad. För upphettning av 1 ton koks från 300° till 800° åtgår alltså 250.000 kcal.

#### Värmebalans för förbränningen:

1 ton koks betraktas.

För förvärmning av 1656 Nm<sup>3</sup> luft från 20° till 300° åtgår:  
c:a 1656 x 100 = 165.600 kcal.

För uppvärmning av rökgaserna (=1685 Nm<sup>3</sup>) från 300 till 800° åtgår c:a 1685 x 100 = 168.500 kcal.

∴ Frigjort värme = 1500.000 kcal.

Genom rökgaserna bortfört värme =  
= 165.600 + 168.500 = c:a 334.000 kcal.

För uppvärmning av koksen + bortledning disponibelt värme =  
= 1500.000 - 334.000 = 1.166.000 kcal.

Uppvärmningen av koksen slukar max. 250.000 kcal. Alltså återstår 916.000 kcal.

Med andra ord: av det vid förbränning av skifferkoksen

2 frigjorda värmets kan ej mindre än drygt 60% disponeras för lämpligt ändamål t.ex. pyrolys av närmast intill-liggande skifferlager.

Ovanstående gäller vid så ogynnsamma förhållanden, som att rökgaserna lämna koksen vid  $800^{\circ}\text{C}$  temperatur. Om deras värme tillvaratas, t.ex. för förvärmning av ny koks eller av förbränningsluft och de sålunda antas bortgå med en temperatur av c:a  $300^{\circ}$ , minskas det bortförda värmets till hälften och kvar står då  $916.000 + 167.000 = \text{c:a } 1.083.000 \text{ kcal/ton koks}$ , eller 72% av koksens totala värmevärde.

Norrörp, april 1945.

SVENSKA SKIFFEROLJE A.-B.  
LJUNGSTRÖMSANLÄGGNINGEN

*Erösta Salomonsson*

## Försök med inblåsning av luft i skifferkoks.

Efter avdestillering upp till  $400^{\circ}\text{C}$  användes den i pyrolysuugnen befintliga, heta koksen för nedannämnda försök.

Koksen hölls vid en temperatur av  $300^{\circ}$ . Genom ett rör, som mynnade i centrum av ugnen, inblåstes luft med hjälp av en fläkt. Lufthastigheten hölls vid c:a 100 l/h. Sammanlagt inblåstes 3000 liter luft under en tid av 29 timmar. Försöket måste därefter avbrytas på grund av fel på fläkten.

### Iakttagelser:

I. Temperatur: Vid igångsättandet iakttogs en liten temperaturstegring, uppgående till  $8-10^{\circ}\text{C}$ . Vid förbränningen av koksen kunde en större stegring ha väntats, men antagligen var den inblåsta luftmängden för liten för att ge upphov till någon större stegring.

(Om lufthastigheten antas = 100 l/h och vidare antas, att hela denna mängd användes för förbränning av kol, kan den väntade temperaturstegringen beräknas bli c:a  $8^{\circ}/\text{h}$ . Denna stegring torde helt kompenseras av förluster i form av ledning och strålning.)

II. Utgående gasens sammansättning: Varje timma uttogs gasprov, som analyserades med avseende på kolsyra + svaveldioxid, syre, koloxid och omättade kolväten i Orsatapparat, samt med avseende på svaveldioxid genom titrering. Resultaten framgå av bifogat diagram. Som framgår av diagrammet har  $\text{CO}_2 + \text{SO}_2$ -halten hållit sig ganska konstant omkring 14%.

$\text{O}_2$ -halten har hela tiden hållit sig mycket låg, omkring 0,3 - 0,5%.

CO-halten har, trots den ringa luftmängd, som inblåsts pr timme varit = 0%. Att CO ej bildats torde bero på, att temperaturen varit för låg. Enligt termodynamiska jämviktsekvationer är nämligen koloxidbildningen märkbar först vid temp. av  $450 - 500^{\circ}\text{C}$ . (Vid  $300^{\circ}\text{C}$  är proportionerna mellan CO och  $\text{CO}_2$  i en jämviktsblandning =  $\frac{5}{10000}$ .)

SO<sub>2</sub>-halten var under större delen av försöket = 0. I slutet av försöket steg emellertid SO<sub>2</sub>-halten i gasen till c:a 0,6%. Dock bildades redan från början svaveldioxid, vilket konstaterades på följande sätt: Gasuttaget från ugnen stängdes och fläkten fick arbeta upp ett övertryck i ugnen. Därefter borttogs hastigt fläktens anslutningsslang till ugnen, varvid övertrycket utjämnades denna väg. Den utströmmande gasen luktade starkt av SO<sub>2</sub> (uppskattningsvis 2-5% SO<sub>2</sub>).

Att SO<sub>2</sub>-halten i den utgående gasen var så låg, torde ha berott på, att svaveldioxiden löst sig i det vid förbränningen bildade och i rörledningarna kondenserade vattnet och därefter reagerat med den förut angripna kopparn och järnet i rören. Det kondensvatten, som erhöles var blåfärgat av kopparsalter och luktade kraftigt av SO<sub>2</sub>. Analys visade en halt av 4,3 g S/liter = 3 vol. SO<sub>2</sub>/vol. H<sub>2</sub>O.

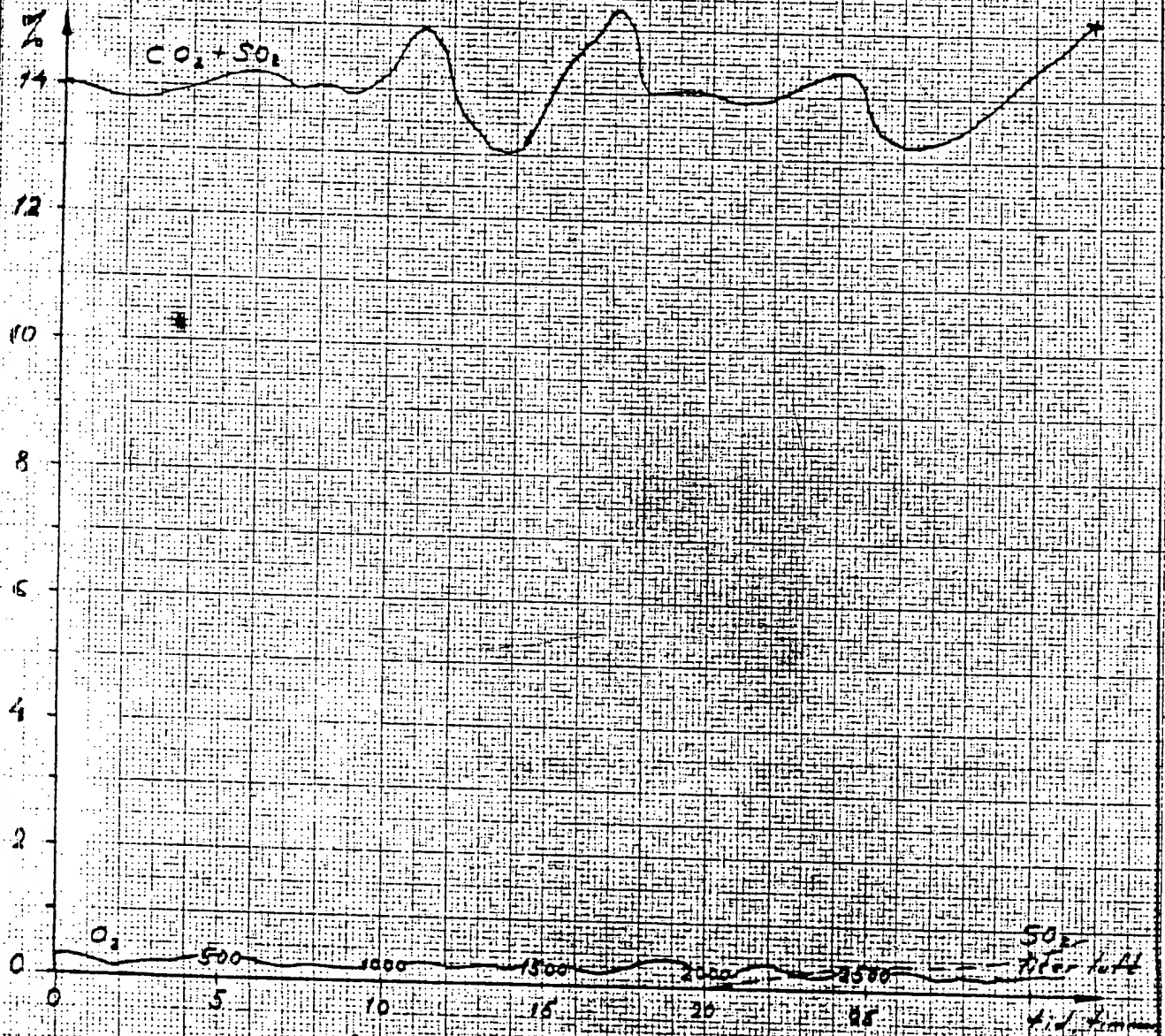
H<sub>2</sub>O-bildningen kunde ej följas med någon större noggrannhet på grund av de relativt stora förlusterna i form av kondensat i rörledningar o.d. Sammanlagt uppsamlades c:a 250 cc kondensvatten. Vattnet erhöles under senare delen av försöket med början 18 tim. efter starten.

Norrtorp den 5 augusti 1944.

SVENSKA SKIFFEROLJE A.-B.  
LJUNGSTRÖMSANLÄGGNINGEN

*Cirila Salomonsson*

Bil.: Kurvblad Lj 7-139.



Bearb. 1945

Kontroll 194

Rap. nr. El. 285

Försök med inblåsning av  
luft i skifferkoks (forts.)

I anslutning till förut utfört försök (se Reg. Lj. 285) har gjorts ytterligare några försök med förbränning av skifferkoks genom luftinblåsning. Vid dessa försök har använts en cylindrisk behållare av järnplåt, vilken fylldes med skiffer och igensvetsades. Behållaren var försedd med en utvändig elektrisk motståndsspiral, genom vilken den kunde upphettas. Behållaren var vidare försedd med två diagonalt motsatta röranslutningar samt med centralt och periferiskt placerade termometrar.

Till ena uttaget var ansluten en tryckluftledning och en gasmätare. Till andra uttaget var anslutet i tur och ordning:

- 1 järnrör fungerande som luftkylare
- 1 liebigkylare
- 1 förlag för kondensat
- 1 gaspipett för provtagning
- 2 tvättflaskor, innehållande NaOH-lösning resp.  $H_2SO_4$  för borttagande av sura gaser resp. ammoniak
- 1 gasmätare.

En skiss av apparaturen finns å bilaga 1 (Lj 7 -144).

Den med skiffer fyllda behållaren upphettades först med värmeslingan till c:a  $350^{\circ}$  under så lång tid att all olja och gas drevs av. Därefter fränkopplades uppvärmningsanordningen och ventilen på inblåsningssidan inställdes så att en lagom luftström blåstes in i koksen. Därvid begynte en förbränning av koksen, vilken dock ej förmodade vidmakthålla den önskade temperaturen. Värmeslingan måste därför ånyo inkopplas, ehuru med minskad effekt. Temperaturen avlästes regelbundet och hölls konstant på  $\pm 5^{\circ}C$  när. På den utgående gasen gjordes Orsatanalys och  $SO_2$ -bestämning varje timme. Avläsningar gjordes vidare av in- och utgående gasmängderna samt av bildat kondensat. Efter försökets slut analyserades kondensatet och innehållet i tvättflaskorna.



Sammanställning av försök II och III.

		<u>II.</u>	<u>III.</u>
Invägd skiffer	kg	9,1	8,6
Inblåst luftmängd	liter	12.000	13.900
Försökstid	timmar	40	52
Lufthastighet	ltr/min.	5,0	4,5
Temperatur	°C	350	360
Bildat kondensvatten	ml	400	280
Svavelmängd i kondensatet	g	4,0	2,7
Ammoniakmängd i "	g	4,5	5,0
Analys å utg. gas:			
genomsnittshalt av CO <sub>2</sub> +SO <sub>2</sub> ,	%	17	17
" " SO <sub>2</sub> ,	%	0,7	0,4
" " O <sub>2</sub> ,	%	0,1	0,1

Försök IV.

Avsikten med detta försök var att undersöka vilken inverkan närvaron av vattenånga möjligen kan ha på förbränningen. För den skull insattes omedelbart före behållaren ett sidorör genom vilket vatten kunde tillsättas. På grund av svårigheten att åstadkomma en lagom stor, kontinuerlig tillförsel av vatten, måste tillsatsen ske intermittent med 20 ml var 15:e minut. Förloppet av försöket framgår av bifogade avläsningsprotokoll och diagram (bil. 2 och 5).

Som därav framgår, uppvärmdes koksen först till 450° under inblåsning av luft. Därefter tillsattes sammanlagt 200 ml vatten. Temperaturen började därvid sjunka. Den enda verkan av vattentillsatsen var som väntat en ökning av värmeförlusterna genom ångbildning. Allt tillsatt vatten erhöles efter burken i form av kondensat.

Temperaturen hos koksen höjdes därefter genom ökad effektinmatning i värmeslingan till c:a 625°C. För att påskynda stegringen i behållarens inre delar, inblåstes under en timmes tid ren syrgas i stället för luft. Under hela denna uppvärmningsperiod inblåstes intet vatten.

Sedan temperaturen stigit till  $625^{\circ}\text{C}$  börjades inblåsningen av vatten ånyo. Under fortsatt uppvärmning tillsattes sammanlagt 480 ml vatten. Då vattentillsatsen avbröts var temperaturen  $860^{\circ}\text{C}$ . Ej heller under denna del av försöket kunde någon inverkan av vattenången iakttagas. Gasanalyserna visa, att ingen reduktion av vattenånga till väte skett.

Samtidigt med vatteninblåsningen avbröts även värmetillförseln utifrån. På grund av temperaturutjämning mellan behållaren och koksen fortfor den senares temperatur att stiga ännu en stund. Då koksens temperatur var c:a  $900^{\circ}\text{C}$ , inblåstes ytterligare 40 ml vatten. Härvid erhöles i utgående gasen en påvisbar mängd vätgas (1,1 - 1,4%), som tydligen bildats genom reduktion av vattenången enligt:  $\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2$ . Även koloxid kunde påvisas i gasen, ehuru i mycket ringa mängd och därför osäkert.

#### Sammanfattning.

Vid förbränning av skifferkoks med luft vid temperaturer mellan  $350$  och  $900^{\circ}\text{C}$  förbrukas allt tillfört syre för bildning av  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  och  $\text{SO}_2$ . Koloxid bildas icke. Vattenånga reagerar med skifferkoks först vid  $900^{\circ}\text{C}$ , varvid bildas väte och kolsyra. Vid denna temperatur är dock vätehalten i jämviktsblandningen låg.

Norrtorp, april 1945.

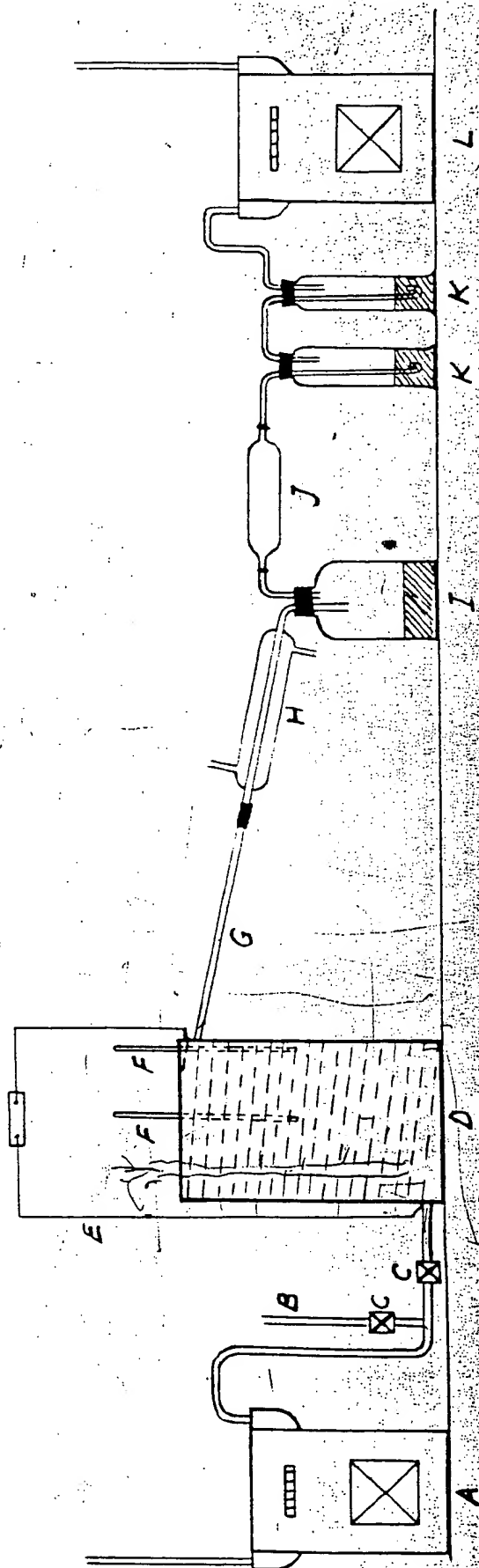
SVENSKA SKIFFEROLJE A.B.  
LJUNGSTRÖMSANLÄGGNINGEN

*C. S. Salomonsson*

#### Bilagor:

- 1) Skiss (Lj 7 - 144)
- 2) Försök IV: avläsningsprotokoll
- 3) " " analyser
- 4) " " gasanalyser
- 5) " " diagram Lj 7 - 145.

# Apparatur för luftinbläsningsförsök.



## Beteckningar:

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| A = mätare för inbläst luft  | G = luftkylare (järnrör)                        |
| B = intag för vattentillsats | H = liebig kylare                               |
| C = ventiler                 | I = kondensatflaska                             |
| D = köksbehållare            | J = gaspipett                                   |
| E = värmeslinga              | K = tvättflaskor med $H_2SO_4$ , resp. $NaOH$ . |
| F = termometrar              | L = mätare för utgående gas                     |

Diagram Lj 7-144. Diarienum 10823

Bearb.

194

Sal

Kontr.

194

Rep. Lj-

## Avläsningsprotokoll.

Dag kl.	Försöks- tid timmar	Temp. °C t <sub>3</sub>	Konden- sat ml	Utg. gas liter	Anm.
21/2					
21	-12	20	-	-	Förvärmning startad
23	-10	120	-	-	
22/2					
01	- 8	170	-	-	
03	-6	255	-	-	
05	- 4	305	-	-	
07	- 2	315	-	-	
09	0	325	0	0	Värmeslingan fränkopplad, Luftinblåsningen börjad
12	3	403	112	939	
13.30	4½	-	-	-	Vatteninblåsningen börjad
14	5	475	168	1445	
15	6	480	288	1492	
15.45	6 3/4	-	-	-	Vatteninblåsningen avbru- ten, 200 ml inbläst samman- lagt
16	7	430	293	1505	
17	8	400	298	1532	
18	9	380	300	1566	Värmeslingan tillkopplad
19	10	380	304	1613	
20	11	400	308	1675	
21	12	420	310	1750	
22	13	425	315	1831	
22.30	13½	435	315	1873	Luftinblåsn. ersatt med syrgasinblåsn.
23	14	460	315	2097	
23.30	14½	530	340	2250	Luftinblåsning änyo påbör- jad
23/2					
01	16	625	371	2708	
01.30	16½	638	400	2850	Vatteninblåsning börjad
02	17	650	445	3021	
3	18	700	522	3323	
04	19	750	601	3780	

Dag kl.	Försöks- tid timmar	Temp. t °C	Kondensat ml.	Utg. gas liter	Anm.
05	20	800	680	4250	
06	21	830	758	4937	
07	22	860	825	5124	Vatteninblåsning avbruten, sammanlagt 680 ml inblåst. Värmeslingan fränkopplad.
08	23	900	837	5601	
09	24	900	848	6000	20 ml vatten inblåst
10	25	950	848	6483	
11	26	900	853	6920	20 ml vatten inblåst
12	27	820	860	7147	
13	28	780	860	7376	
14	29	750	865	7522	Värmeslingan tillkopplad.
15	30	725	865	7717	
16	31	715	870	7888	
17	32	680	870	7984	Försöket avbrutet.

Luftinblåsningsförsök IV.

Analyser.

Kondenserad olja:

volym = 20 ml

spec. vikt = 0,960 vid +15°C

Kondenserat vatten:

volym = 850 ml

ammoniakhalt = 10,8 g  $\text{NH}_3$ /lit., totalt = 9,2 g  $\text{NH}_3$

sulfithalt = 9,6 g  $\text{SO}_2$ /lit., totalt = 8,2 g  $\text{SO}_2$

sulfathalt = 1,16 g  $\text{SO}_4$ /lit., totalt = 0,99 g  $\text{SO}_4$

Svavelsyra, använd för tvättning av gasen:

volym = 275 ml

ammoniakhalt = 9,14 g  $\text{NH}_3$ /lit., totalt = 2,5 g  $\text{NH}_3$

Natronlut, använd för tvättning av gasen:

volym = 183 ml

sulfithalt = 127,7 g  $\text{SO}_2$ /lit., totalt = 23,4 g  $\text{SO}_2$

sulfathalt = 50,3 g  $\text{SO}_4$ /lit., totalt = 9,2 g  $\text{SO}_4$

Sammanlagd produktion under försöket:

olja: 19,2 gram

vatten: 850-720 = 130 gram

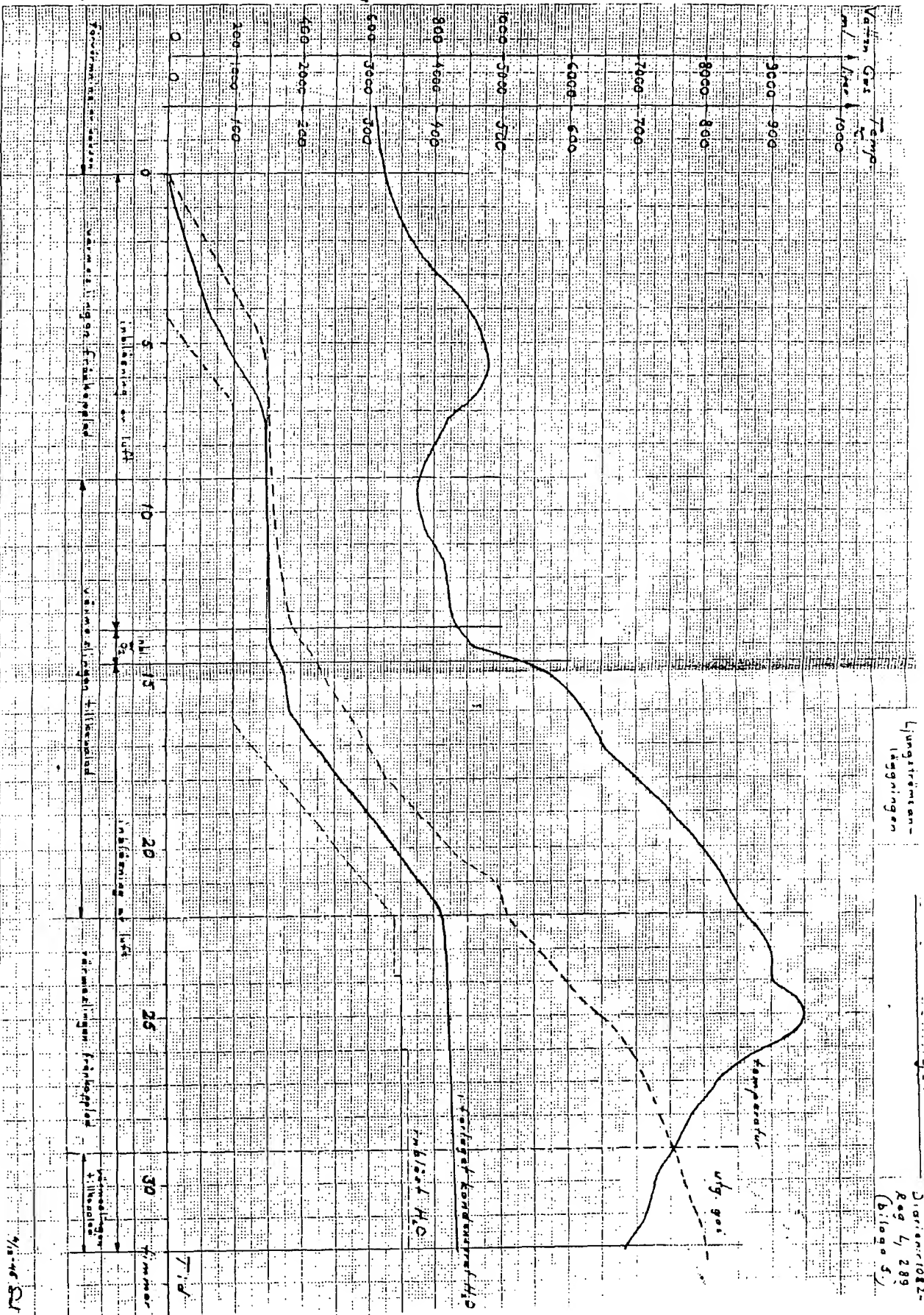
ammoniak: 11,7 gram

svavel: 19,2 gram, därav 15,8 gram som  
sulfit och 3,4 gram som sulfat.

# Luftinblåsningförsök IV.

## Gasanalyser.

Dag	Kl.	CO <sub>2</sub> +SO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	CO %	CnH <sub>2n</sub> %	H <sub>2</sub> %	CnH <sub>2n</sub> +2 %	Anm.
22/2	14.00	18,0	0,0	0,0	0,0	-	-	
	17.00	6,9	0,2	0,0	0,1	-	-	
	18.45	15,2	0,1	0,0	0,0	-	-	
	20.00	17,4	0,0	0,2	0,0	-	-	
	21.00	17,4	0,0	0,0	0,2	-	-	
	22.00	17,9	0,0	0,0	0,1	-	-	
	22.45	77,8	-	-	-	-	-	
	23.05	68,0	-	-	-	-	-	
	24.05	19,4	0,0	0,0	0,2	-	-	
	7.05	19,1	-	-	-	-	-	
	3.00	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	4.00	18,2	-	-	-	-	-	
	5.00	18,8	-	-	-	-	-	
	6.00	18,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
23/2	8.00	17,5	0,5	0,0	-	0,0	0,0	
	9.00	17,6	0,1	0,1	0,0	1,4	0,0	
	10.00	16,8	0,0	0,1	0,0	1,1	0,0	
	11.00	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	13.00	16,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	
	14.00	17,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	
	15.00	16,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	
	16.00	16,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	
								SO <sub>2</sub> = 0,2%





En utvidgning av bensenproduktionen med 50.000 ton per år torde snabbast och med minsta kapitalinvestering kunna ske genom utbyggnad av Ljungströmsanläggningen med 100 MW. En möjlighet skulle naturligtvis vara att kracka eller hydrera under krackande betingelser den för dagen i Kvarntorp fallande råoljan. Förutsättningarna för att kracka (koksa) oljan äro ännu icke klarlagda. Ing. Hammar fick vid sitt nyligen avslutade Amerika-besök vissa data, som han just nu håller på att bearbeta. Ljungströmsoljan torde vara lättare att kracka än ugnsoljan. Beträffande hydreringen utfördes 1944 en undersökning av IG i Ludwigshafen och en offert avlämnades. Denna slutade på 20 milj. DM, men inkluderade icke byggnader fundament etc. En sådan anläggning kostar idag cirka 70 milj. kr. Av 100.000 m<sup>3</sup> råolja skulle erhållas 15.000 m<sup>3</sup> raffinerad bensen direkt och 65.000 m<sup>3</sup> raffinerad hydrerad bensen.

#### Förutsättningar.

Nedanstående beräknade anläggning utgöres av en Ljungströms fältanläggning på 100 MW, kombinerad med en ångkraftcentral, eldad med den producerade gasen jämte de avfallsoljor, som erhållas vid raffineringen av råbensinen. Den producerade kraften inmatas i fältet tillsammans med en viss kvantitet från KVS inköpt kraft. Anläggningen förses med utrustning för utvinning av svavel och gasbensen ur gasen samt med toppnings- och raffineringsanläggning för bearbetning av råoljan. Processången uttages från en mottrycksturbin i ångkraftcentralen.

#### Energiförsörjning.

Vid en fältstyrka av 100 MW är energiförbrukningen per liter råolja (inkl. gasbensen) 4,5 kWh. För drift av hjälpmaskiner, tvättom m.m. tillkommer 0,3 kWh/liter.

Vid en inmatning av 100 MW blir produktionen 22 m<sup>3</sup> råolja per timme. Vid raffineringen av gasbensen och av i oljan ingående råbensen erhålles ca. 1,5 m<sup>3</sup> avfallsoljor. Utom oljan erhålles rågas, varur erhålles 6,6 t svavel per timme. Dessutom utvinnes gasbensen, vars kvantitet är inräknad i ovanstående oljeproduktion. Den därefter kvarvarande rengasen motsvarar ca.  $117 \times 10^6$  kcal/h. Sammanlagda bränsletillgången för ångcentralen blir alltså ca.  $130 \times 10^6$  kcal/h ( $117 \times 10^6 + 15 \times 10^6$ ).

Mottryckskraftverket dimensioneras för anläggningens behov av processånga. Den utgående effekten från detta verk blir ca. 9 MW och bränsleförbrukningen  $57 \times 10^6$  kcal/h. För kondenskraftverket finns då tillgängligt ca.  $75 \times 10^6$  kcal/h med en motsvarande utgående effekt av ca. 30 MW. Den egna producerade kraften blir sålunda ca. 39 MW. Från KVS måste följaktligen inköpas 70 MW, då driften av hjälpmaskiner etc. fordrar ca. 7 MW.

#### Placering.

En anläggning av ovannämnda storlek avverkar ungefär 20 hektar per år. Den bör läggas på skiffer med ett lagom tjockt kalkstenstäck. Den definitiva placeringen fördrar möjligen några provborrningar. I nedanstående beräkningar ha räknats med samma skiffermaktighet som vid Norrtorp men med 2 meter tjockare jord- och kalkstenstäck. Värmeålen bli då 26,5 meter och gashålen 24,7 meter djupa.

#### Fältenläggningen.

##### Anläggningskostnader.

Genom proportionering från anläggningskostnaderna för Norrtorpsfältet (i förhållandet  $\frac{100}{20}$ , i vissa fall  $\frac{22}{3}$ ) och med korrigering för prisstegringen fram till den 1 oktober 1952 blir hela anläggningskostnaden 26 milj. kr. (borrings- och rörmödsättningsutrustning, stationär och rörlig elutrustning, rörmät, kondensorer och avskiljare, pumpar, verkstäder och förråd, vattenförsörjning m.m.). Direkt proportionering ger naturligtvis något för höga kostnader för det stora fältet, varför summan innehåller en viss säkerhetsmarginal.

##### Driftkostnader.

Avståndet mellan två närligganden värmeålen antages bli 2,64 meter och antalet gashål/antalet värmeålen är 1/6. Pr 100 m<sup>2</sup> mark finns då 11,04 värmeålen och 1,84 gashål. Med ovan antagna håldjup bli kostnaderna pr 100 m<sup>2</sup> mark 6000 kr.

Vid ett fält av storleken 100 MW bli randförlusterna av olja mindre än vid ett 20 MW-fält. En produktion av 1,120 m<sup>3</sup> råolja (inkl. gasbensin) pr m<sup>2</sup> bör man kunna räkna med. Produktionen 190.000 m<sup>3</sup>/år motsvarar då en avverkning av 170.000 m<sup>2</sup>/år. Totala driftkostnaderna bli sålunda 170.000 x 60 = 10,2 milj. kr/år. Här ingår icke kostnaderna för el.energi samt ränta och amortering.

##### El.-energi.

Den inköpta effekten utgör, som ovan nämnts, 70 MW. Kraftkostnaden blir, om kraftpriset beräknas efter 200 kr/kWh år, 14,0 milj. kr/år.

##### Ränta och amortering.

Avskrivningstiden har satts till 15 år, räntan till 5 %, fastighetsskatten till 2<sup>0</sup>/oo och brandförsäkringspremierna till 3<sup>0</sup>/oo av anläggningsvärdet. Summan av dessa kostnader blir 10 % av anläggningskapitalet, d.v.s 2,6 milj. kr/år.

Sammenstilling.

Ränta, amortering, skatt, försäkring	2,6 milj. kr/år
El.-energi	14,0 - " -
Övriga kostnader	10,2 - " -
	<hr/> 26,8 milj. kr/år

## Ångkraftverket.

Den totala anläggningskostnaden för 30 MW-kondenskraftverket har satts till 16,5 milj. kr. och för 9 MW-mottrycksaggregatet till 4,5 milj. kr. (inkl. byggnader, tomt, transformatorstation etc.). De rörliga driftkostnaderna torde uppgå till cirka 0,4 öre/kWh, varför fås

Ränta, amortering etc. (10 %)	2,1 milj. kr/år
Rörliga kostnader	<u>1,4 - " -</u>
	3,5 milj. kr/år

Eiproduktavdelningar och raffinaderi.

Anläggningskostnaderna uppgå enligt erfarenheter från Kvarntorpsverket till  
(korrigering för prishöjning)

För svavelverk:	300 kr/ton/år tillverkat svavel
" gasbensinanläggning:	250 kr/m <sup>3</sup> /h tvättad rågas
" raffinaderi:	60 kr/m <sup>3</sup> /år raff. bensin
" cisternanläggning:	90 kr/m <sup>3</sup> lagringsvolym

Svaveltillverkningen kommer att uppgå till ca. 60.000 ton/år. I gasbensinläggningen skall tvättas ca. 22.000 m<sup>3</sup>/h rågas. Raffinaderiet dimensioneras för en produktion av 100.000 m<sup>3</sup>/år och cisternanläggningen för en lagringskapacitet av 60.000 m<sup>3</sup> olja och bensin.

Anläggningskostnaderna bli då:

Svavelverk	18,0 milj. kr.
Raffinaderi	6,0 - " -
Gasbensinanl.	5,5 - " -
Cisternanl.	5,4 - " -
Verkstäder, förråd etc.	1,1 - " -

Summa 36,0 milj. kr.

Personalstyrkan uppskattas till 125 man (inkl. förmän och driftledning).

$$\begin{array}{r} 11.400 \\ 1.35 \\ \hline 3.8 \end{array}$$

### Driftkostnader.

För svavelverken beräknas driftkostnaderna (inkl. 10 %'s ränta och amortering) komma att uppgå till	4,0 milj. kr/år
för gasbensinläggningen	1,0 - " -
för raffinaderiet	2,5 - " -
för cisternanläggning o. Övrigt	1,0 - " -
Summa	<u>8,5 milj. kr/år.</u>

Ånga och el-kraft ha debiterats i form av driftkostnader för Ångcentralen och Åre sålunda ej medtagna här.

### Produktion.

Fältet producerar per år sammanlagt

190.000 m<sup>3</sup> råolja.

och ca. 190 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> rågas.

Därur utvinnes i biproduktavdelningarna

65.000 m<sup>3</sup> raffinerad bensin (spec.v. 0,76)

110.000 m<sup>3</sup> eldningsolja II

60.000 ton svavel.

13.0  
16.5  
18  
47.5

### Sammanställning av projektet.

#### Anläggningskostnader.

Fältet à 100 MW	26,00 milj. kr.
Ångkraftverk à 40 MW	21,00 - " -
Biproduktanläggningar m.m.	36,00 - " -
Spår, ledningar etc.	2,50 - " -
Summa	<u>85,50 milj. kr.</u>

9 6  
190.10.

3.3 7 MW

#### Driftkostnader (fasta och rörliga)

Fältet (exkl. el.-energi)	12,80 milj. kr.
El.-energi	14,00 - " -
Ångkraftverket	3,50 - " -
Biproduktanläggningar m.m.	8,50 - " -
Övrigt	0,60 - " -
Summa	<u>39,40 milj. kr.</u>

500

7.4

26000.000

### Personal.

Personalstyrkan (inkl. driftledning, administration m.m.) kommer sannolikt att uppgå till 400 à 450 man.

Någon räntabilitetskalkyl har jag icke vågat mig på, enär denna ju blir helt beroende av de produktpriser, som kunna erhållas vid den tidpunkt, då verket är färdigt. En sådan kalkyl är exempelvis starkt beroend av svavelpriset. Från 1948 till 1952 steg d tta med inemot 200 % för att nu åter vara fallande.

- Ovanstående beräkning har räknats med svavelsyraraffinering. Med annan raffineringemetod (katalytisk avsvavling) kan raffinering förlusten nedbringas till mindre än 5 %. Då minskar för ångkraftverket tillgänglig avfallsoljemängd. Kraftverket blir då 5 MW mindre, medan kvantiteten inköpt kraft ökar i motsvarande grad. Detta inverkar icke så mycket på de ganska approximativa anläggnings- och driftkostnaderna. Det betyder mera på inkomsterna, då bensinmängden ökar med ca. 8.000 m<sup>3</sup>/år.

Närkes Kvarntorp den 16.12. 1952.

*E. Schjæberg*